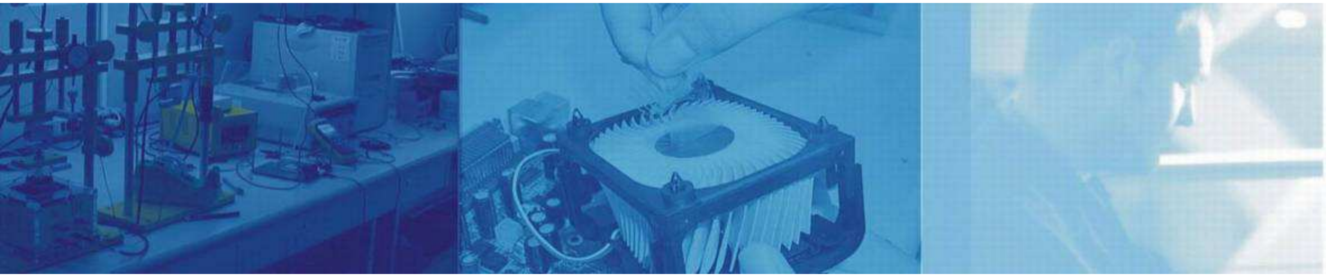
培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/



AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

Fluent 软件对风扇的模拟分析

Asia Vital Components Co., Ltd.
Mar. 2009

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

1.Fluent求解器的选择

双击桌面的快捷方式

在弹出的对话框中选择**3d**求解器（如图**1**）点击**Run**开启**Fluent**求解程序。表示这时用的**Fluent**的三维单精度求解器，如果要对三维风扇模型进行模拟分析就需要选择三维求解器。打开的程序界面（如图**2**）所示。

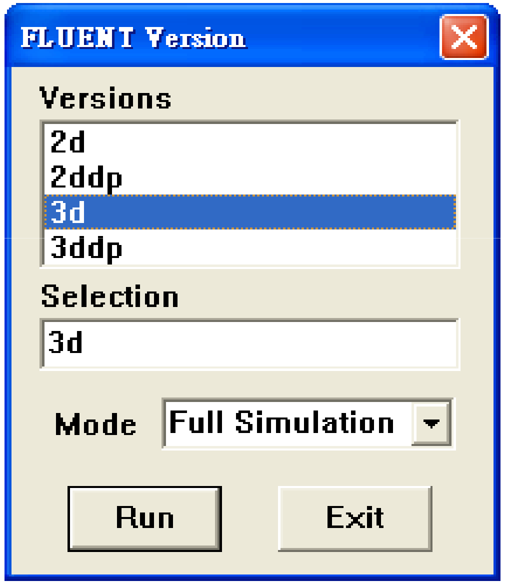


图1

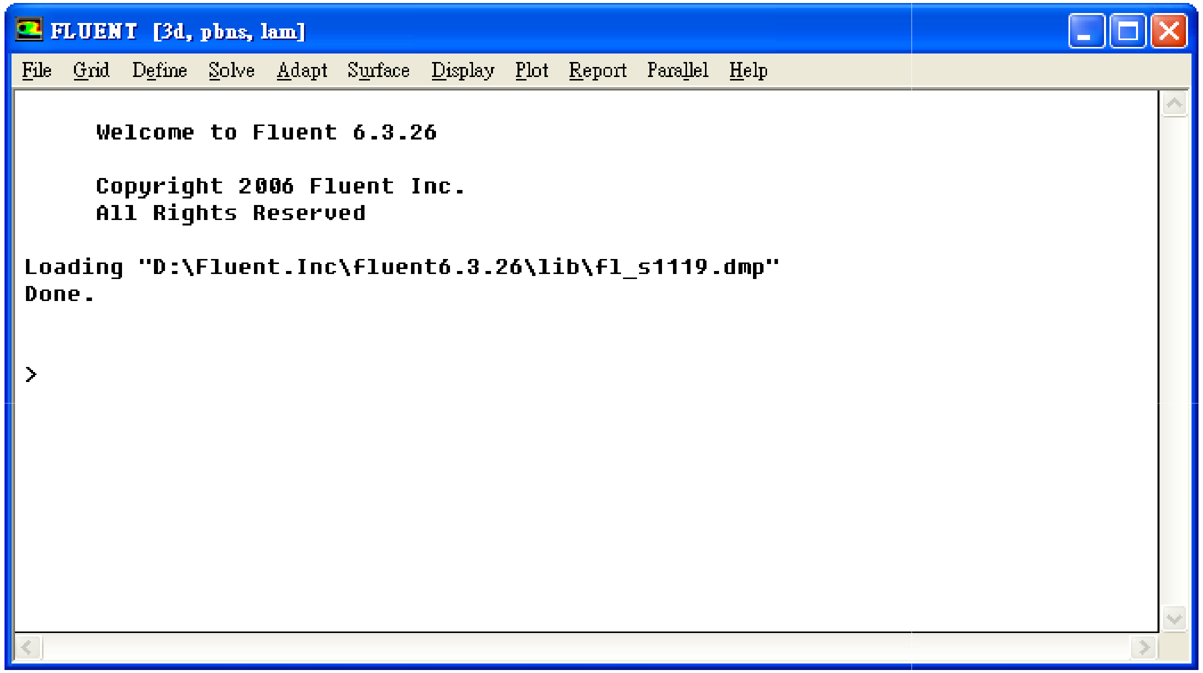


图2

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

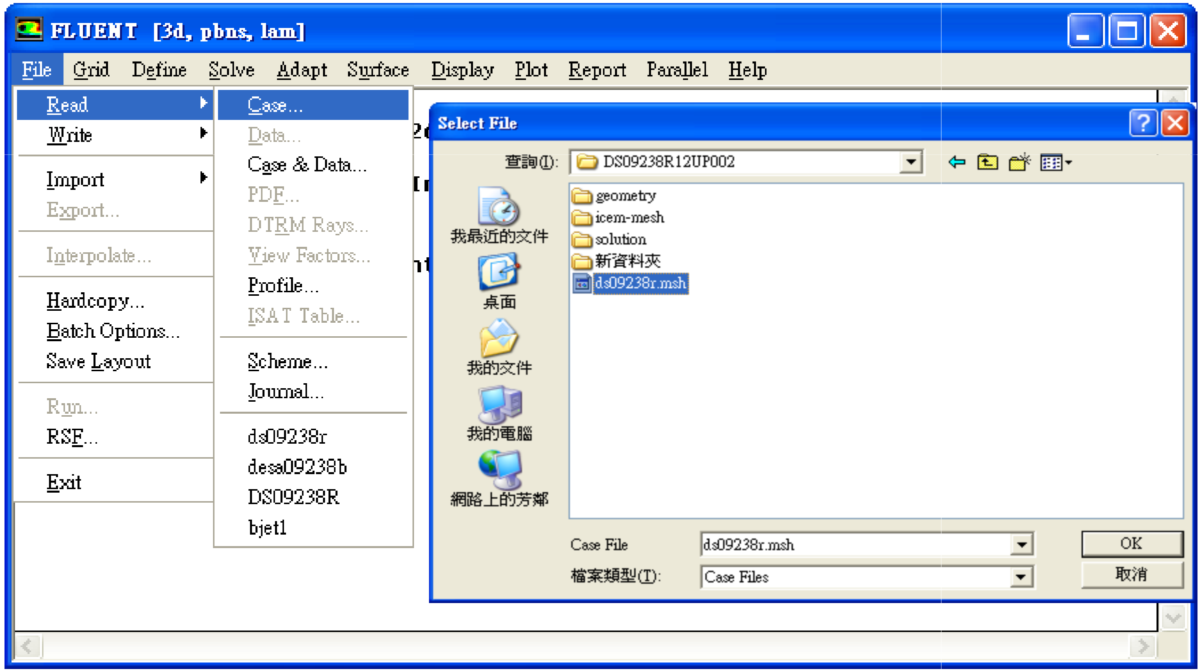
QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

2.文件导入和网格操作

读入网格文件。依次点击选择**file→read→case**，导入在**icem-cfd**中生成的网格文件 。浏览到以**.msh**为后缀名的网格文件，点击**ok**。（如图3）




```
        fluid-inlet
Warning: Thread 51 has 4 contiguous regions.
        creating jingtiao:002-shadow
        creating fanin-shadow
        creating fanout-shadow
        creating cyup-shadow
        creating cymiddle-shadow
        creating cydown-shadow
     shell conduction zones,
Done.
```

图4

图3

在读入网格文件的过程中，我们可以从**Fluent**的控制台窗口看到一些网格文件的基本信息。包括网格节点个数，边界条件等，在本例中还会看到一个警告信息（如图4），提示有**shadow**面存在，这个需要在随后的边界条件面板中修改。

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

3.检查网格文件，设置区域大小

网格文件读入后，一定要对网格进行检查。依次点击**gird→check,**这个操作可以得到网格信息(如图**5**）。从**Domain extents**可以看到计算区域的大小，另外从**minimum volume**（如图**6**）可以知道最小的网格体积，如果该值小于**0**，表示有负体积的网格，就必须重新划分网格。

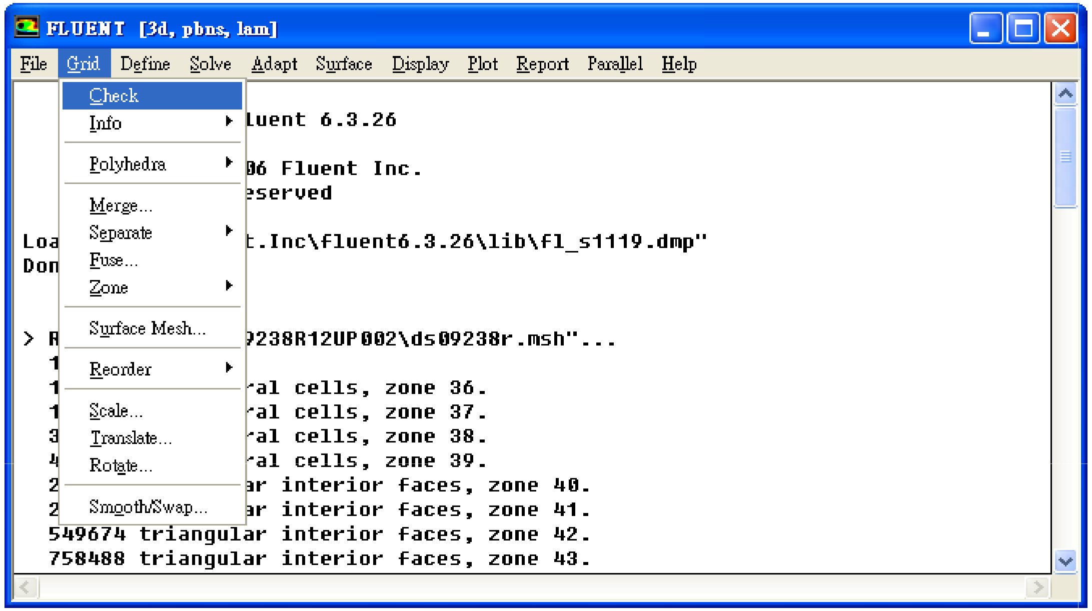
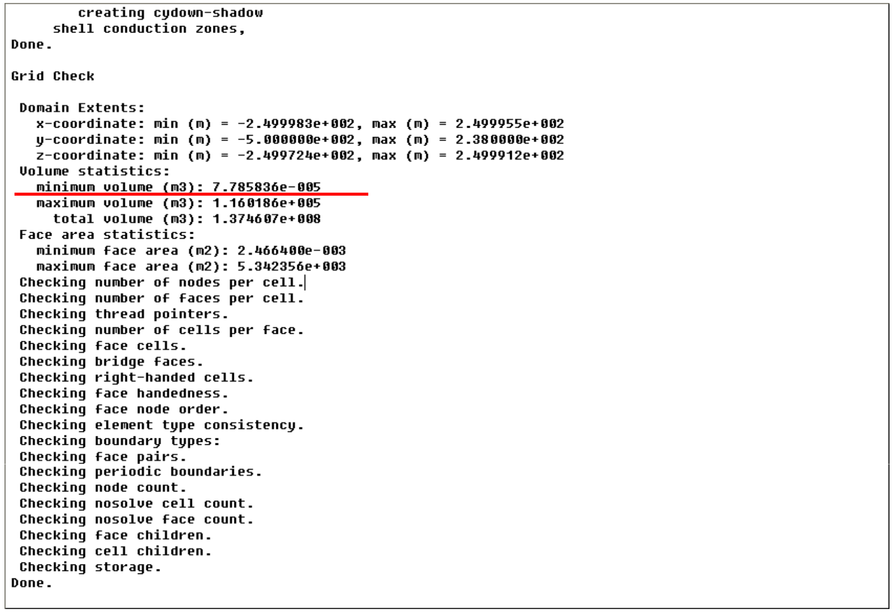


图5



```
        creating cydown-shadow
     shell conduction zones,
Done.

Grid Check

 Domain Extents:
   x-coordinate: min (m) = -2.499983e+002, max (m) = 2.499955e+002
   y-coordinate: min (m) = -5.000000e+002, max (m) = 2.380000e+002
   z-coordinate: min (m) = -2.499724e+002, max (m) = 2.499912e+002
 Volume statistics:
   minimum volume (m3): 7.785836e-005
   maximum volume (m3): 1.160186e+005
     total volume (m3): 1.374607e+008
 Face area statistics:
   minimum face area (m2): 2.466400e-003
   maximum face area (m2): 5.342356e+003
 Checking number of nodes per cell.
 Checking number of faces per cell.
 Checking thread pointers.
 Checking number of cells per face.
 Checking face cells.
 Checking bridge faces.
 Checking right-handed cells.
 Checking face handedness.
 Checking face node order.
 Checking element type consistency.
 Checking boundary types:
 Checking face pairs.
 Checking periodic boundaries.
 Checking node count.
 Checking nosolve cell count.
 Checking nosolve face count.
 Checking face children.
 Checking cell children.
 Checking storage.
Done.
```

图6

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

3.检查网格文件，设置区域大小

依次点击**grid →scale…**打开网格比例对话框（如图**7**），对计算区域的尺寸进行设置。**Fluent**默认的长度单位是米，如果网格输出的长度单位不是默认单位米就需要修改网格比例尺寸。这里所导入的网格单位为**mm,**需要修改比例因子。从**grid was created in**下拉框中选择**mm**单位（如图**8**），点击**change length units**将默认长度单位改为**mm,**再点击**scale**缩放网格大小，注意**domain extents**所列出的求解区域范围是否正确。

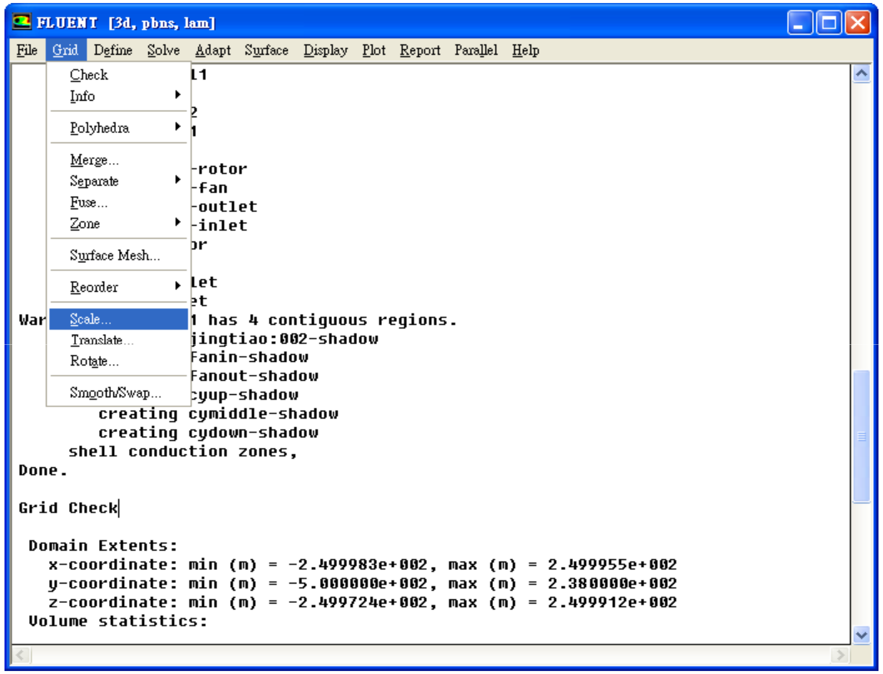


图7

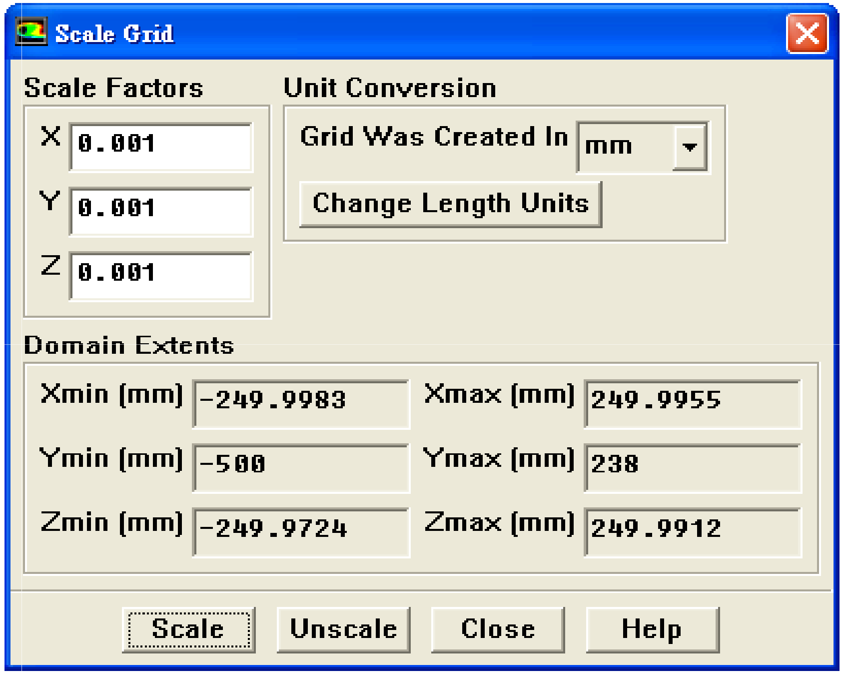
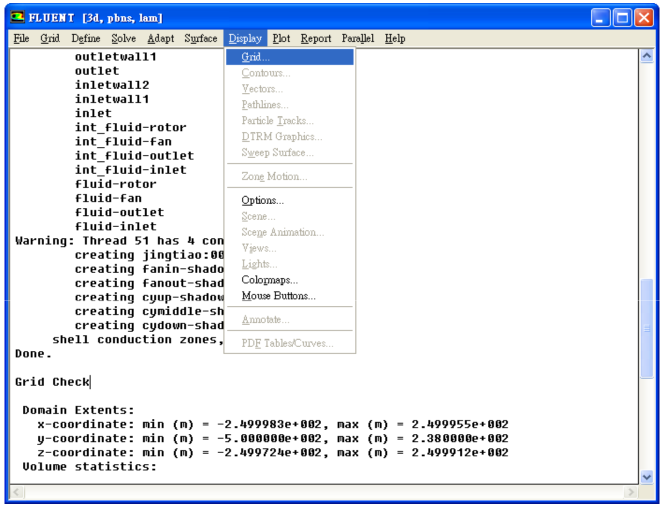


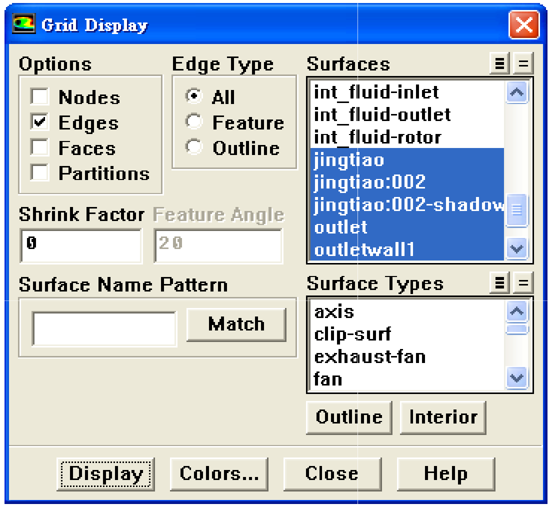
图8

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

4.显示网格

依次点击**display →grid…**，打开如图**9**所示的网格显示对话框，点击**display**，可以看到弹出一个图形窗口(如图**11**），按住鼠标左键可以旋转，按住中建进行缩放。可以在**surfaces**列表中选择几个面来查看，点击**display**就可以看到所选择的面的网格。





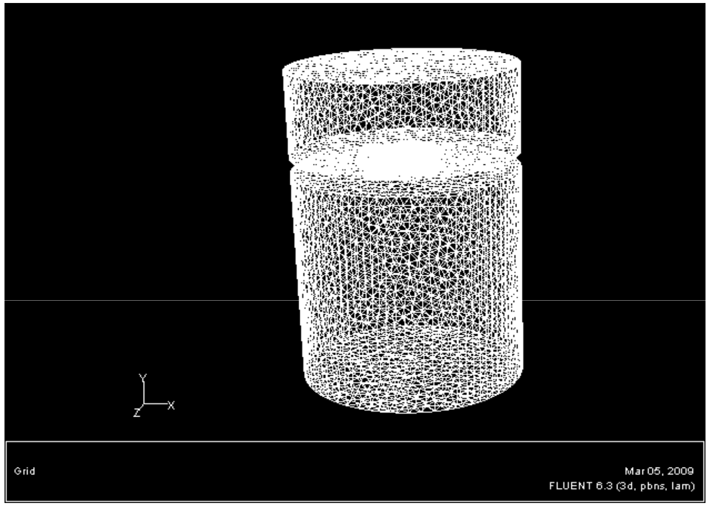


图9　　图10　　图11

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

5.选择计算模型

求解器的定义：依次点击**define→models→solver**，定义求解器（如图**12**）. 对于风扇的模拟假定为不可压缩气体，稳态的求解方式(如图**13**）。选择默认的求解方式就可以了，点击**ok**。

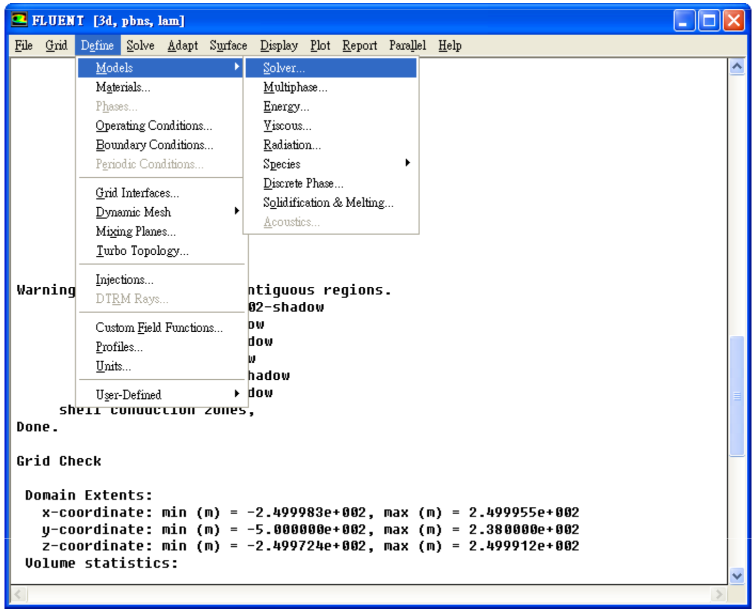


图12

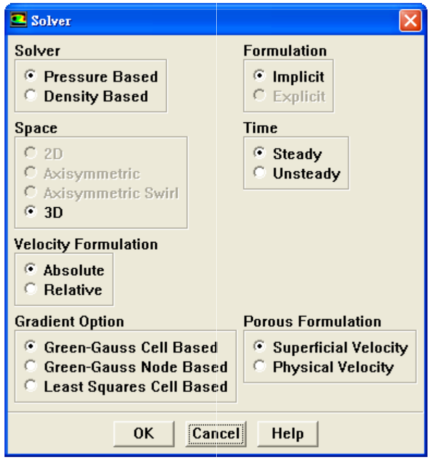


图13

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作
QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

6.湍流模型的选择

选择**define→models→viscous**（如图**14**），选择湍流模型为标准**k-ε**模型（如图**12**）。最简单的完整湍流模型是两个方程的模型，要解两个变量，速度和长度尺度。在**FLUENT**中，标准**k-ε**模型自从被**LaunderandSpalding**提出之后，就变成工程流场计算中主要的工具了。适用范围广、经济、合理的精度。它是个半经验的公式，是从实验现象中总结出来的。湍动能输运方程是通过精确的方程推导得到，耗散率方程是通过物理推理，数学上模拟相似原型方程得到的。应用范围：该模型假设流动为完全湍流，分子粘性的影响可以忽略，此标准**κ-ε**模型只适合完全湍流的流动过程模拟。如果需要更精确的模拟旋流效果可以选择**κ-εRNG**模型，这个模型所耗费的时间要长一些，收敛性要差一些。

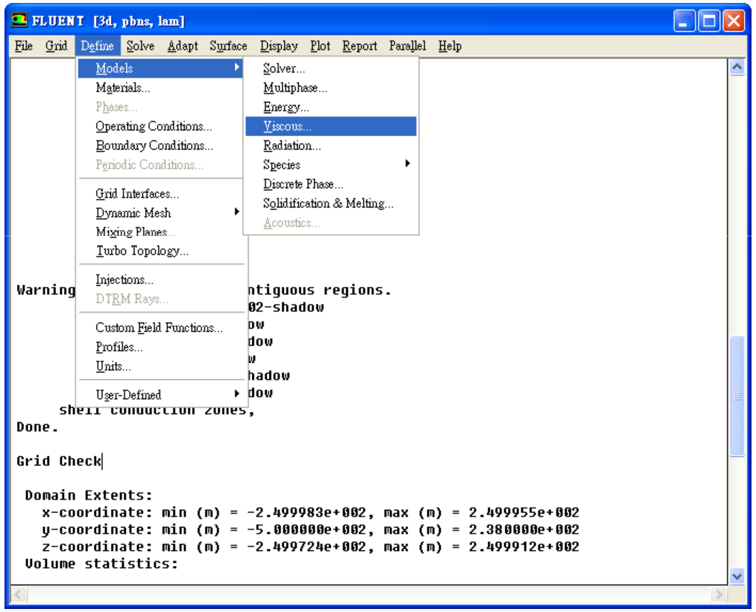


图14

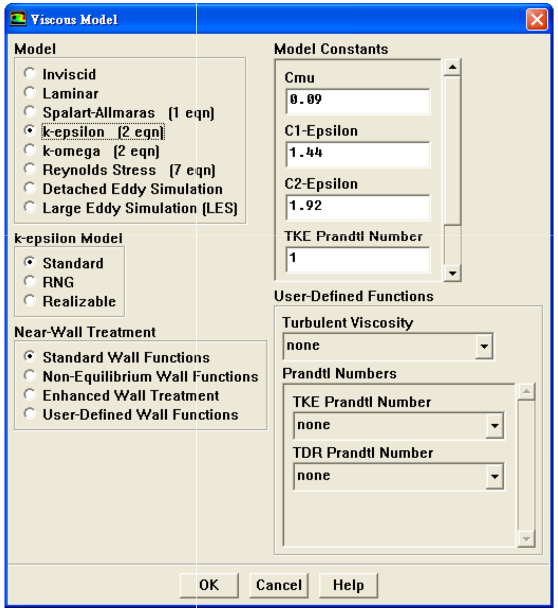


图15

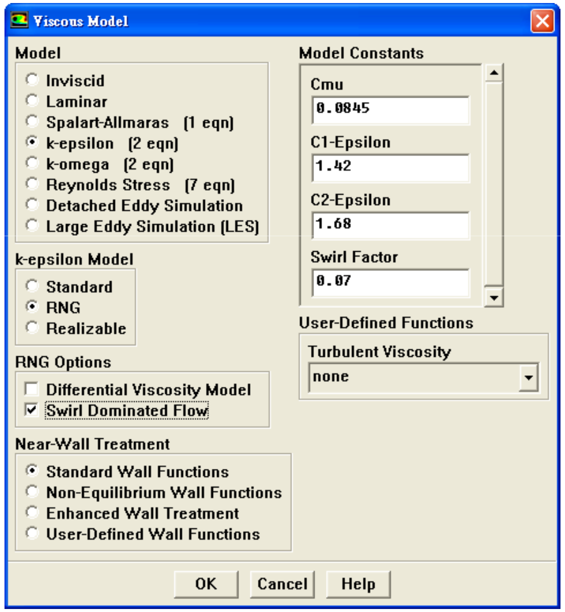


图16

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

7.定义流体的物理性质

选择**define→materials…(**如图**17**）定义材料的物理属性，在**Fluent**中默认的流体就是空气，可以保持默认的材料属性（如图**18**）所示。如果要选择其他的材料可以在**fluent database**中选择系统自带的材料库。

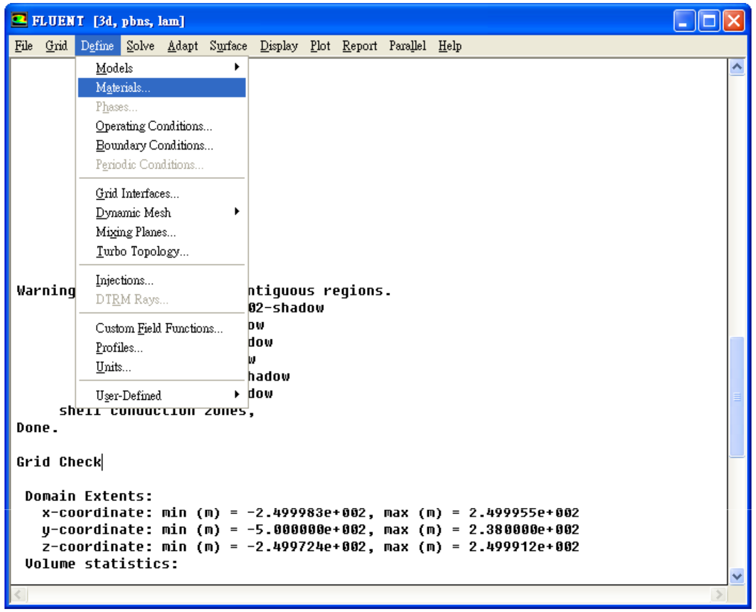


图17

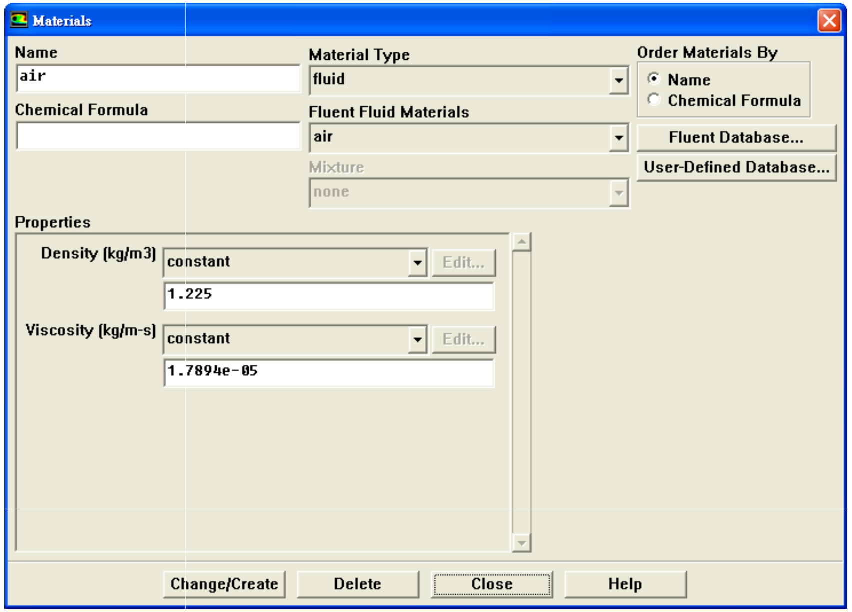


图18

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作
QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

8.单位制的设定

为便于定义边界条件和直观显示求解结果，需要对单位制进行改变。选择**define → units**，选择角速度的单位为**rpm**（如图**19**），定义压力的单位为**mmh2o**（如图**20**），定义流量的单位为**cfm**（如图**21**）。

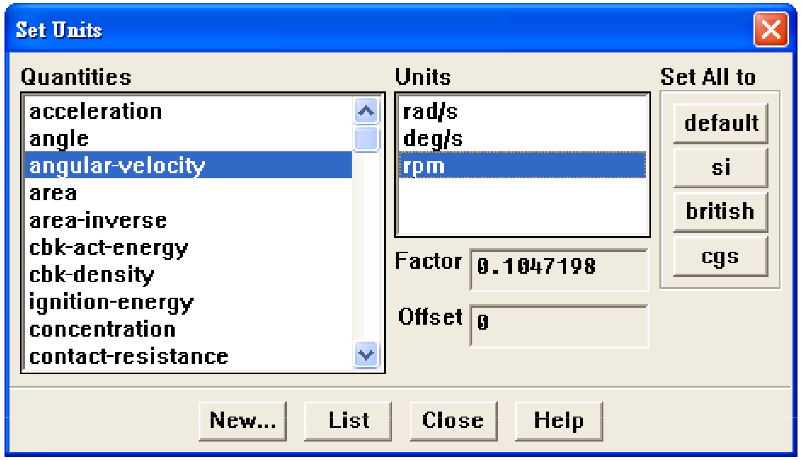


图19

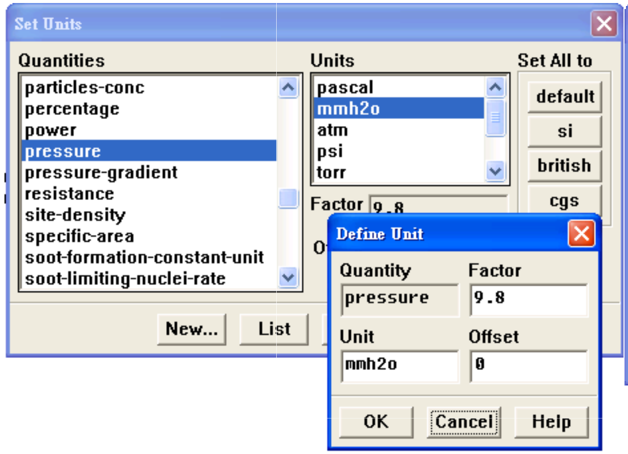


图20

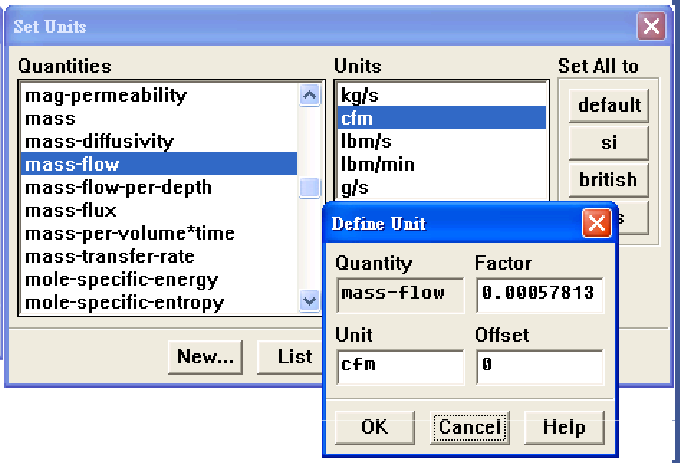


图21

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作
AVC Confidential
QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

9.边界条件的设定

边界条件就是流场变量在计算边界上应该满足的数学物理条件。边界条件与初始条件一起并称为定解条件，只有在边界条件和初始条件确定后，流场的解才存在，并且是唯一的。**FLUENT** 的初始条件是在初始化过程中完成的，边界条件则需要单独进行设定。选择**define→boundary conditions** （如图**22**）,在弹出的对话框（如图**23)**中可以看到在**icem-cfd**中定义的**part**名称出现在**zone**下拉列表中。可以看到有一些以**-shadow**结尾的**zone,**这是表示两个流体区域之间的交界面，需要改成**interior**边界条件（如图**24**），这样流场的信息才能在网格中传递，否则会被当作壁面条件，流场信息无法传递。在不考虑传热的情况下可以将所有的**shadow**改为**interior**边界条件。

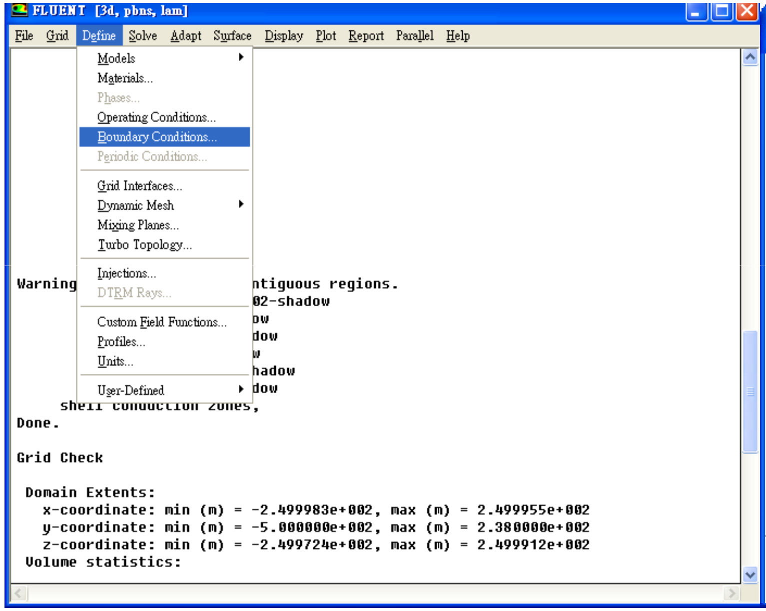


图22

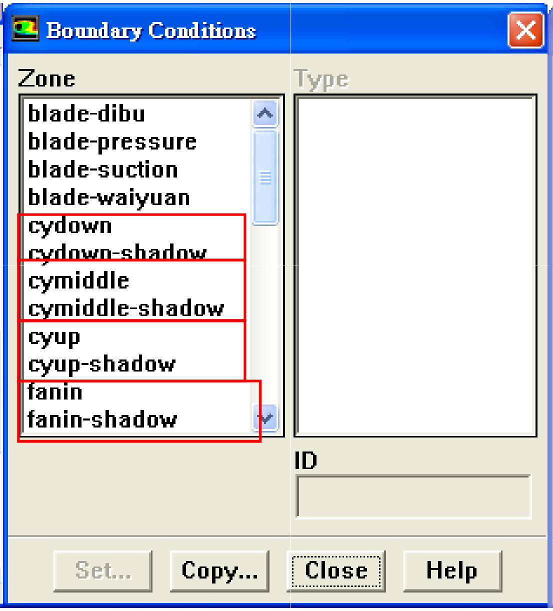


图23

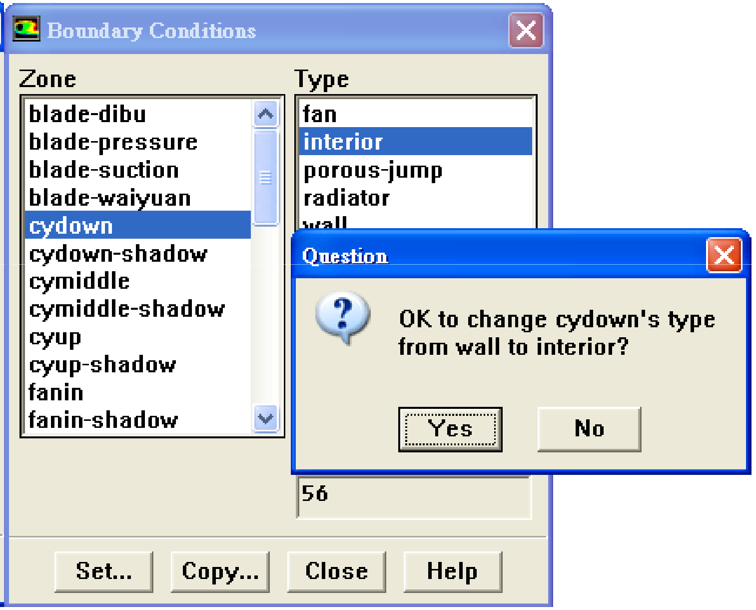


图24

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC Confidential

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

9.边界条件的设定

设定压力入口边界条件：**Fluent**默认所有的面网格均为**wall**边界条件，风扇模拟时需要将入口设定为压力入口边界。从**zone**中选择选择表示入口的**inlet**（如图**25**），在**type**中选择**pressure-inlet**，在弹出的对话框中设定如图**26**所示的边界条件。入口当作一个大气压，湍流指定方式设为**intensity and hydraulic diameter**。这里的压力指定是按照表压来设定的，如果是一个大气压可以设为**0**。湍流为中等强度，即为**5%**。水力直径的计算公式：

$$d_e = \frac{4\times 流通截面积}{润湿周边} = 4\times 水力半径$$

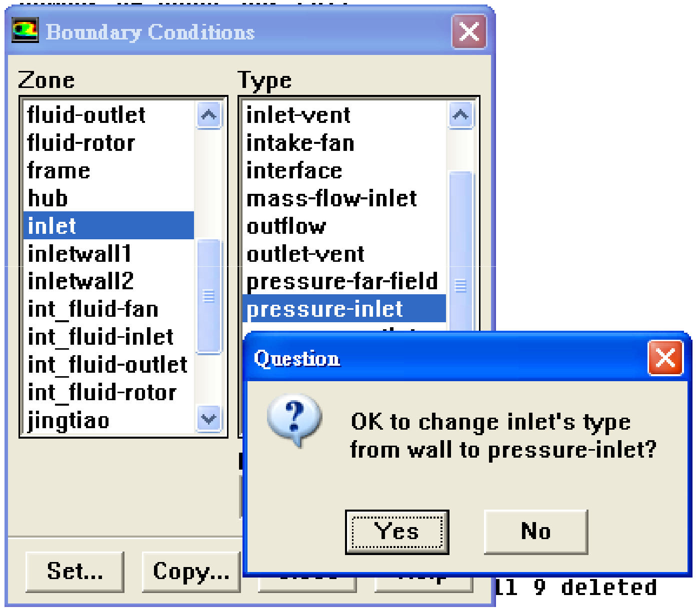


图25

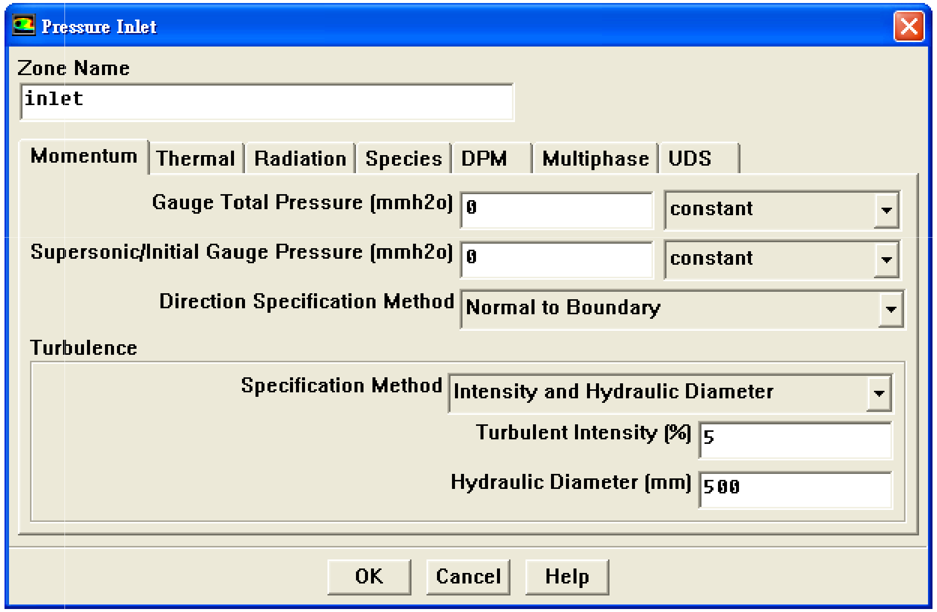


图26

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

9.边界条件的设定

设定压力出口边界条件：风扇模拟时需要将出口设定为压力出口边界。从**zone**中选择选择表示入口的**outlet**（如图**27**），在**type**中选择**pressure-outlet**，在弹出的对话框中设定如图**28**所示的边界条件。计算最大流量的时候出口当作一个大气压，湍流指定方式设为**intensity and hydraulic diameter**。这里的压力指定是按照表压来设定的，如果是一个大气压可以设为**0**。湍流为中等强度，即为**5%**。水力直径的指定方式和压力入口相同。

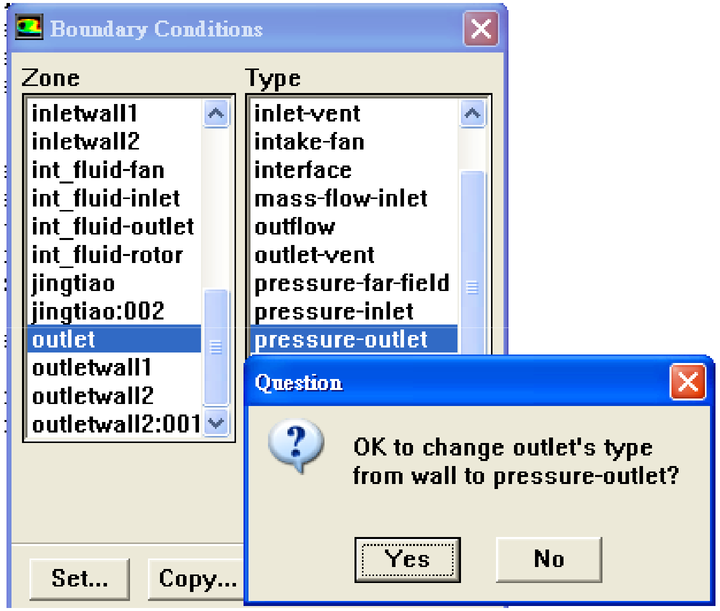


图27

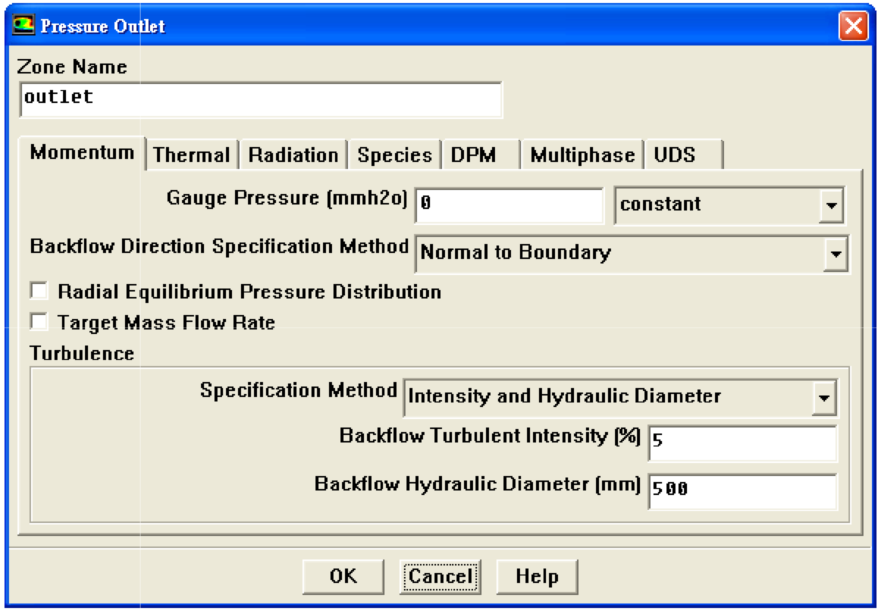


图28

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

9.边界条件的设定

定义旋转流体区域**fluid-rotor**为转动区域，转速为**4000rpm,**运动方式为**moving reference Frame(**该方式将旋转运动处理为稳态**MRF)**，根据右手法则来判定旋转方向，旋转轴设定的时候要根据网格显示的扇叶来判断旋转方向。这里旋转轴为**y**轴，将**rotation-axis direction** 中的**y**设为**1**，其余设为**0**

在**Fluent**中处理旋转机械流动问题时采用**Multiple Reference Frame**（多参考系坐标模型）方式。**MRF**模型的基本思想是把风道内流场简化为叶轮在某一位置的瞬时流场，将非定常问题用定常方法计算。转子区域的网格在计算时保持静止，在惯性坐标系中以作用的科氏力和离心力进行定常计算；而定子区域是在惯性坐标系里进行定常计算。在两个子区域的交界面处交换惯性坐标系下的流体参数，保证了交界 面的连续性，达到了用定常计算来研究非定常问题的目的。在采用**MRF**方式处理旋转流动机械问题时，需要建立一个包围转动部件的圆形（**2D**）或者 旋转体**(3D)**的流体区域。并建立转动部件和其他流体区域的网格连接使得流动信息能够传递到其它区域。

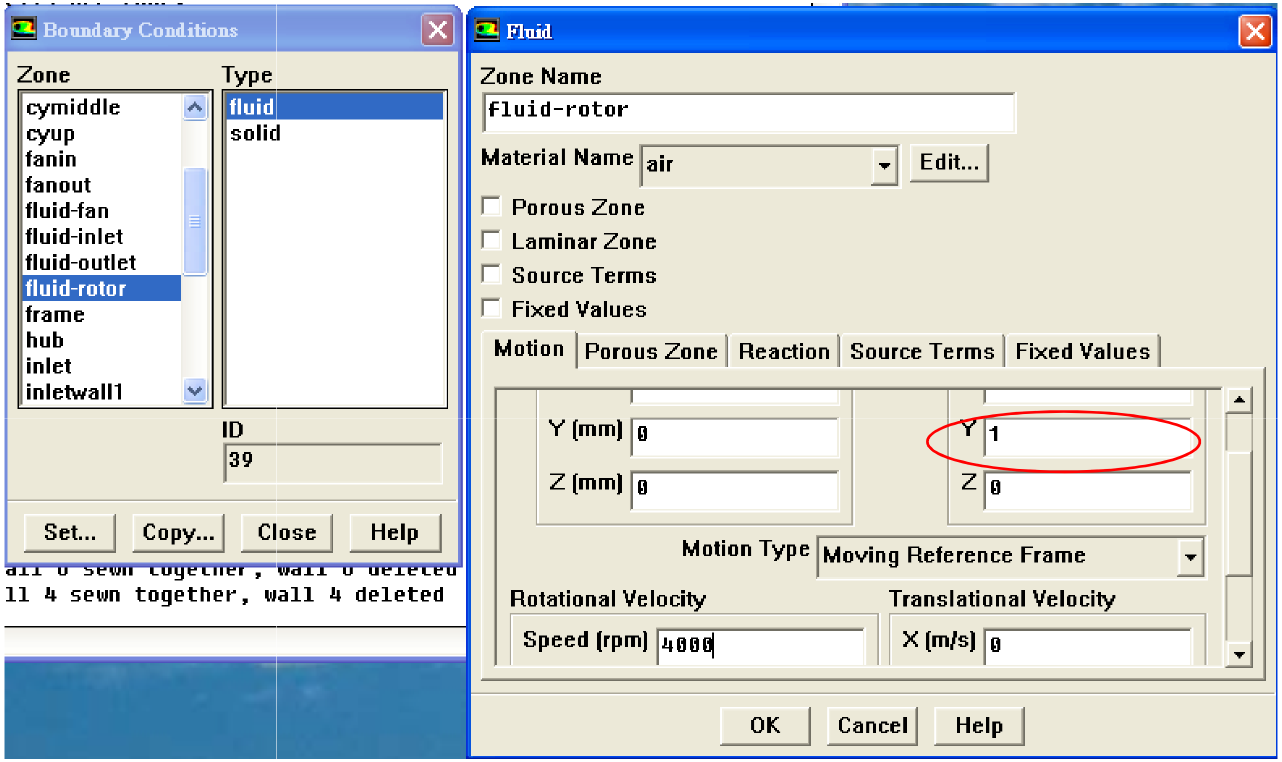


图29

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

9.边界条件的设定

扇叶面的边界条件：定义扇叶壁面为移动壁面，转速和旋转流体区域相同，选择相对速度为0的选项，如图30所示。在设定时要注意旋转轴的原点和方向，可以用右手法则来判定旋转方向。设定好一个扇叶面后可以将此边界条件copy到其他相同的扇叶面上，如图31选择copy…，然后再copy bcs面板中下的from zone选择刚才设置的blade-dibu，在to zones选择其他的边界面，点击copy，完成操作（如图32）。

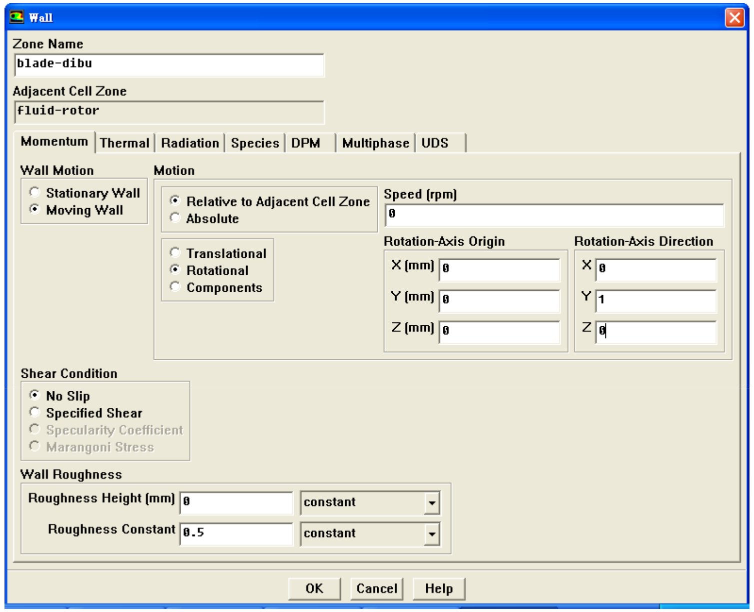


图30

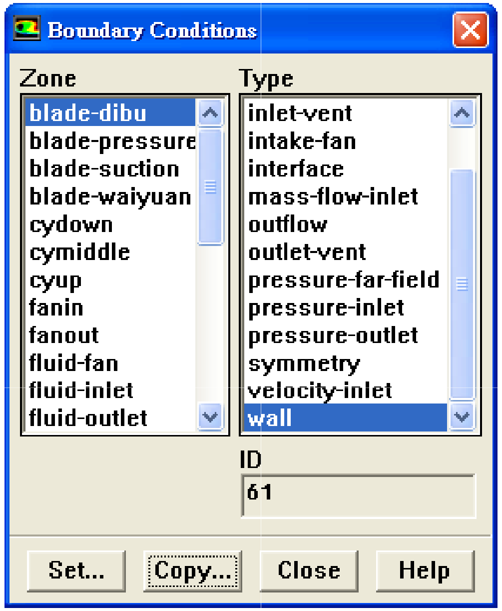


图31

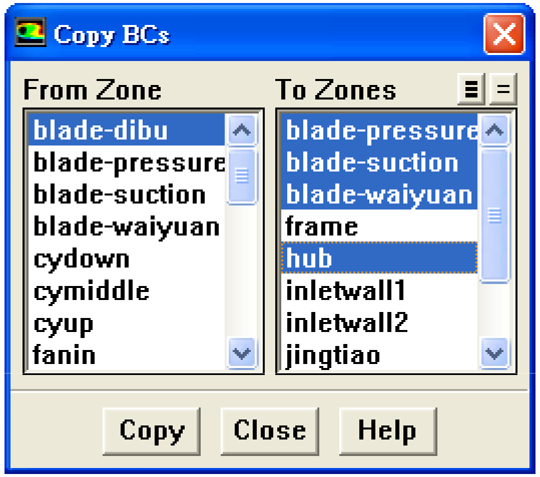


图32

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

10.设定残差收敛标准

边界条件设定完后，在求解计算之前需要设定监视器条件，便于观察求解结果是否收敛和稳定。选择**solve→monitors→Residual**，如图**33**所示。为了直观显示收敛结果，勾选**options**下的**plot**选项，这样会在一个图形窗口中显示残差曲线，便于判断是否收敛。在**convergence criterion**下设定了默认的收敛残差为**0.001**，如果需要得到更好的结果可以修改收敛标准，比如由**0.001**改为**0.0001**。

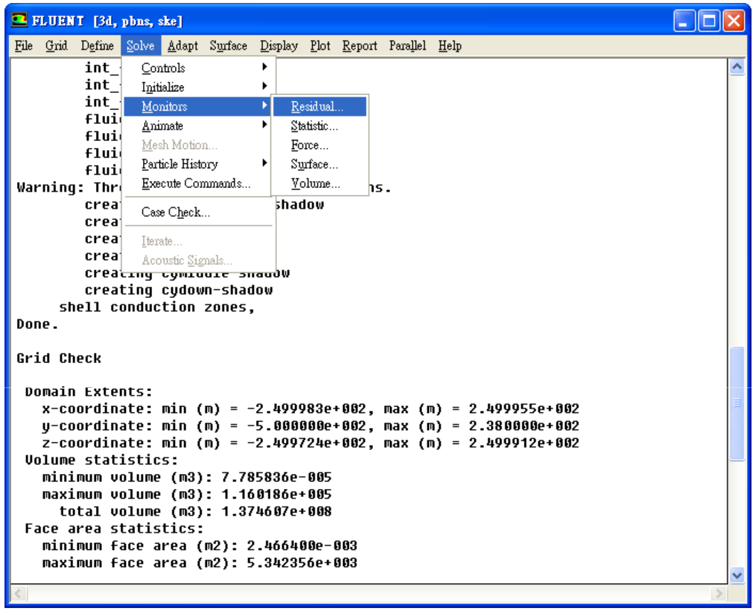


图33

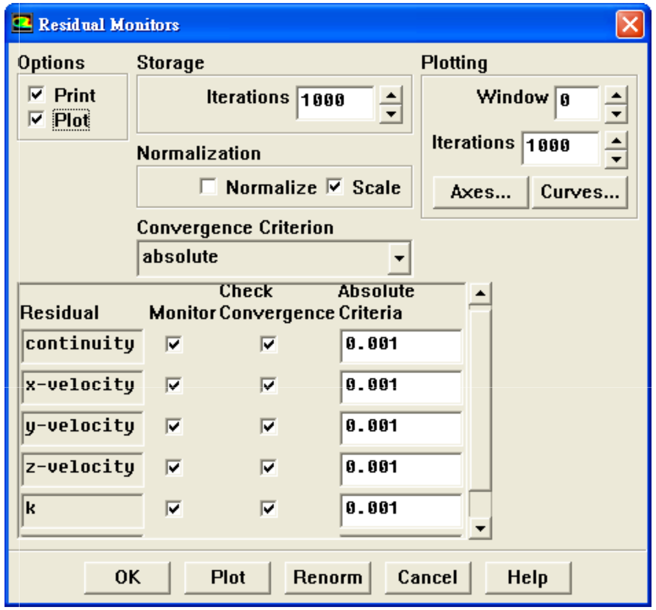


图34

ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

11.设置监视条件

边界条件设定完后，在求解计算之前可以设定监视器条件，便于观察求解结果是否收敛和稳定。选择**solve→monitors→surface…** ，如图**35**所示。在弹出的对话框**surface monitors**（如图**36**）中设置两个监视窗口，勾选**plot**选项表示要在窗口中绘制监视曲线，如果勾选**write**可以将曲线保存为文件。点击**define…**可以定义具体的监视条件。

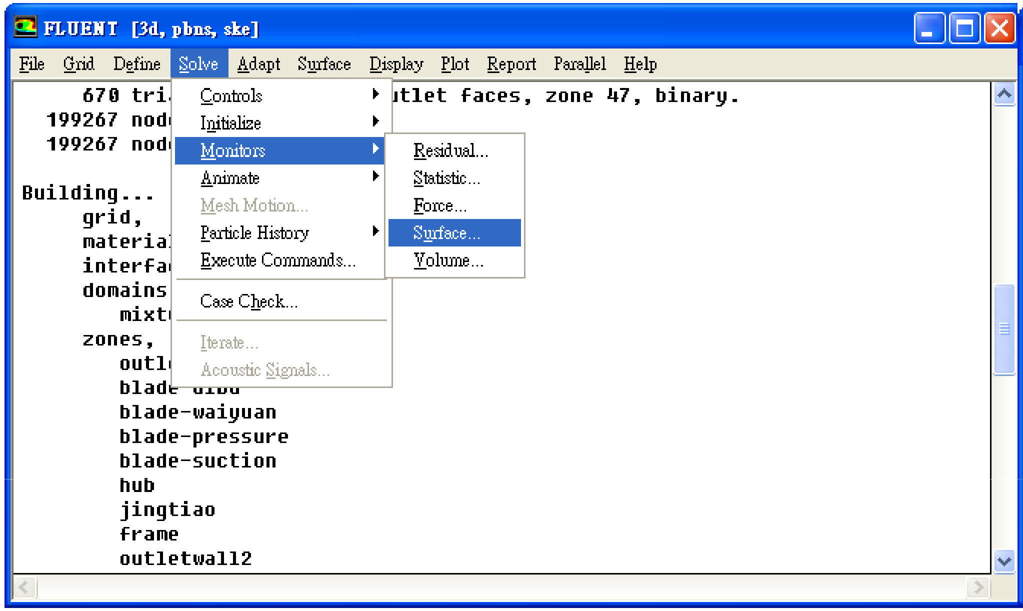


图35

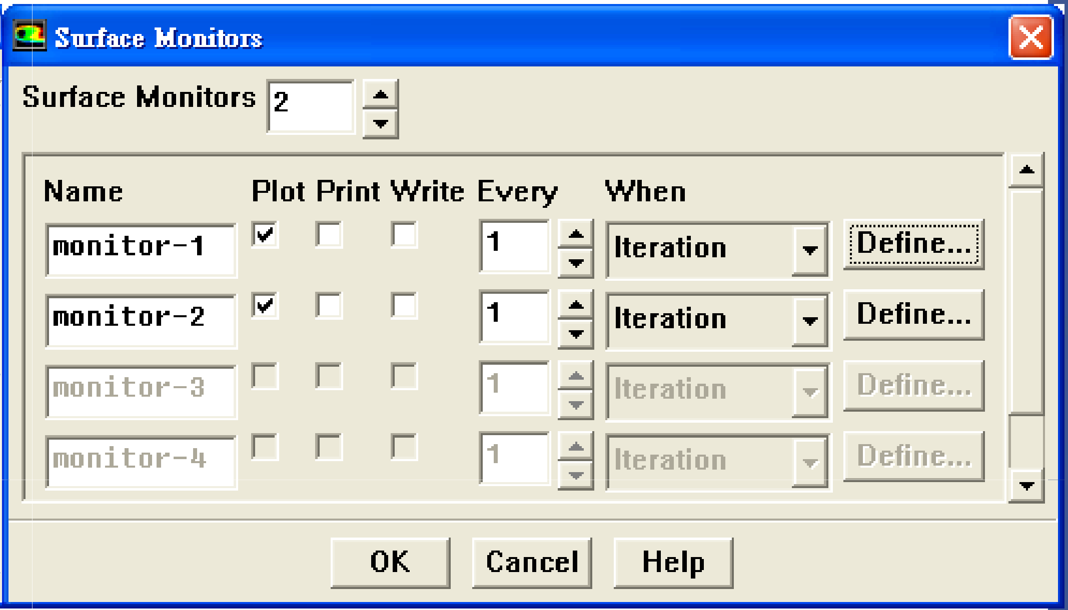


图36

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

11.设置监视条件

在此监视风扇出口的压力和压力出口的流量（如图**37**，**38**所示**)**,从下拉列表框中选择图示选项就设定完所需监视的条件。

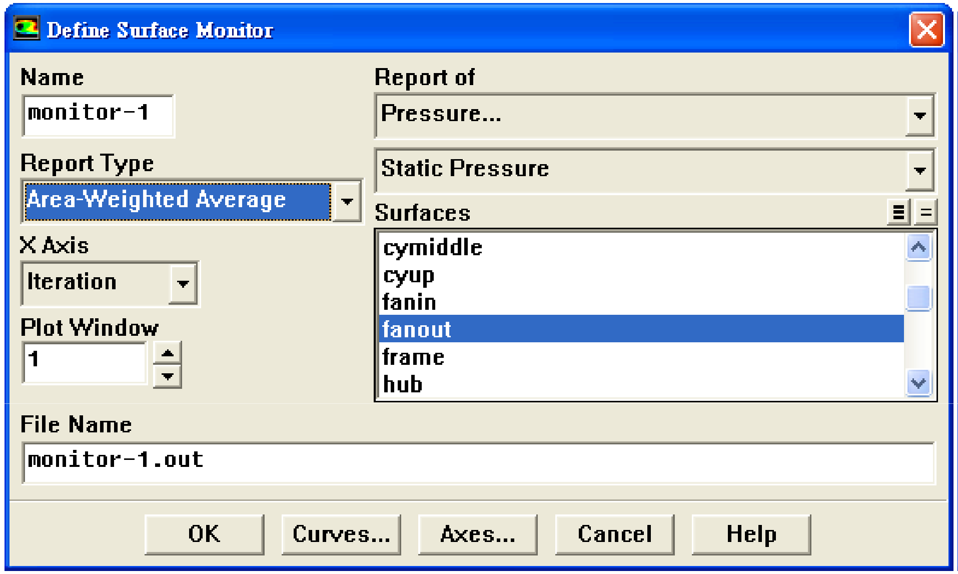


图37

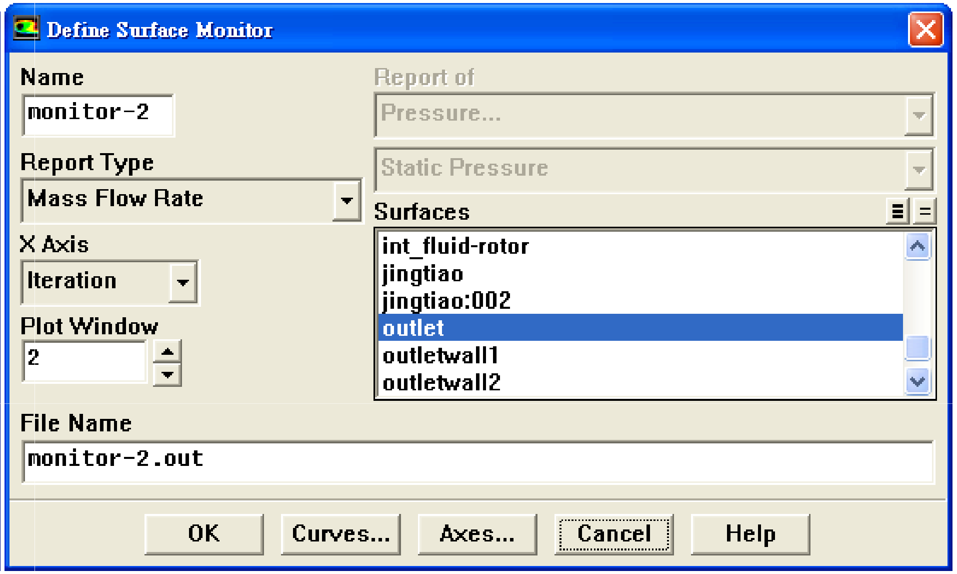


图38

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作
AVC Confidential
QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

12.初始化求解

定义完监视器后，选择**solve→initialize→ initialize…**（如图**39**），点击**init**后就可以开始求解计算（如图**40**）。

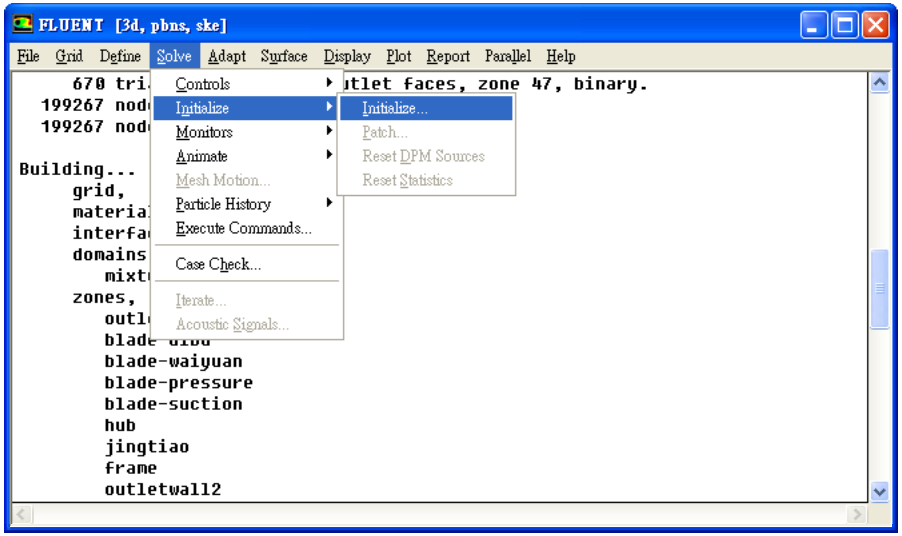


图39

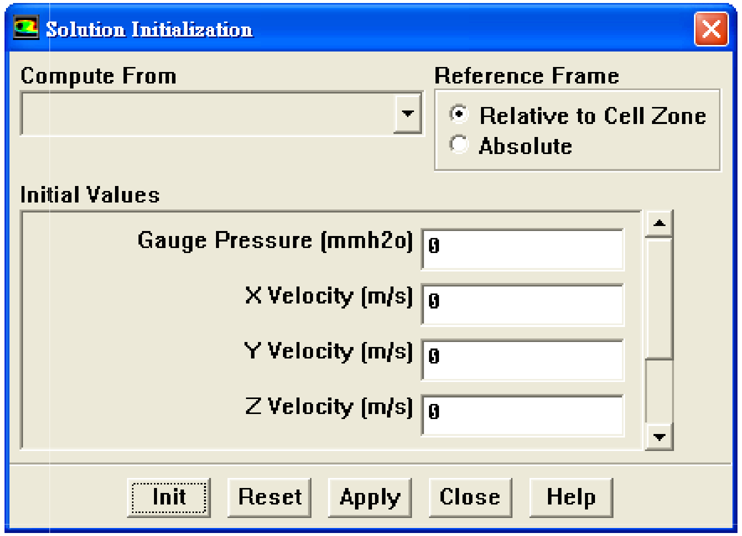


图40

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作
QQ群 188373620 制作

12.初始化求解

选择**solve→iterate…(**如图**41**），设定迭代步数就可以求解计算了（如图**42**）。

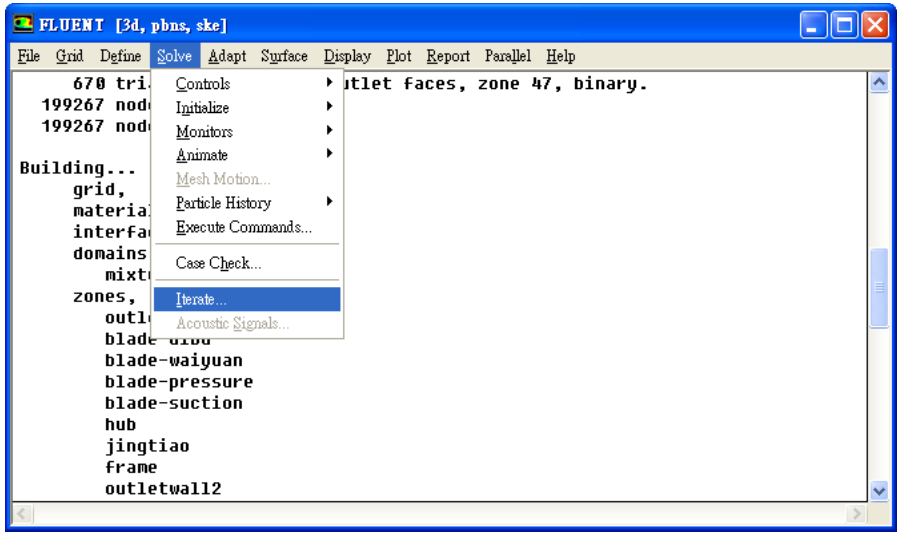


图41

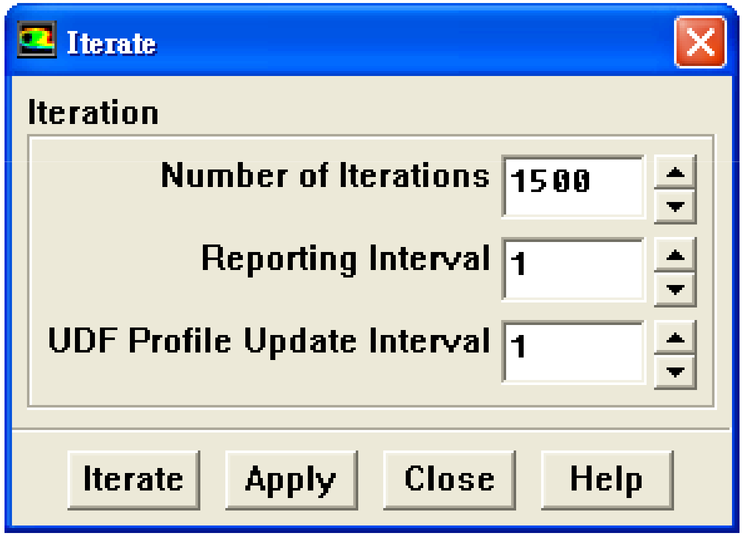


图42

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

13.监视求解过程，判断收敛与否

求解迭代的时候会有三个窗口出来，分别是残差曲线，压力曲线，流量曲线。（如图**43**，**44**，**45**所示）

判断收敛与否：

1.残差曲线达到收敛标准，文本窗口提示**solution is converged**。

2.若残差曲线达不到收敛标准，没有**solution is converged**的提示，但流量和压力曲线随着迭代的进行不发生变化，成为一条直线也可以判断为收敛。

注意：若第一次计算没有收敛可以设定迭代次数再次迭代，看是否收敛。

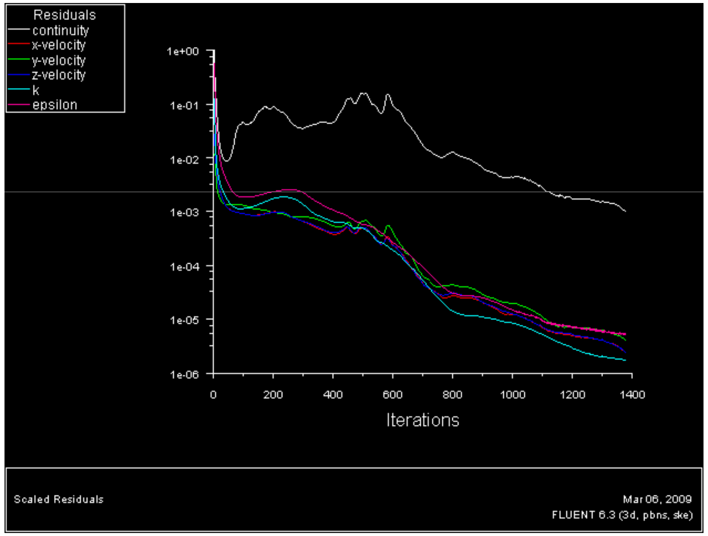


图43

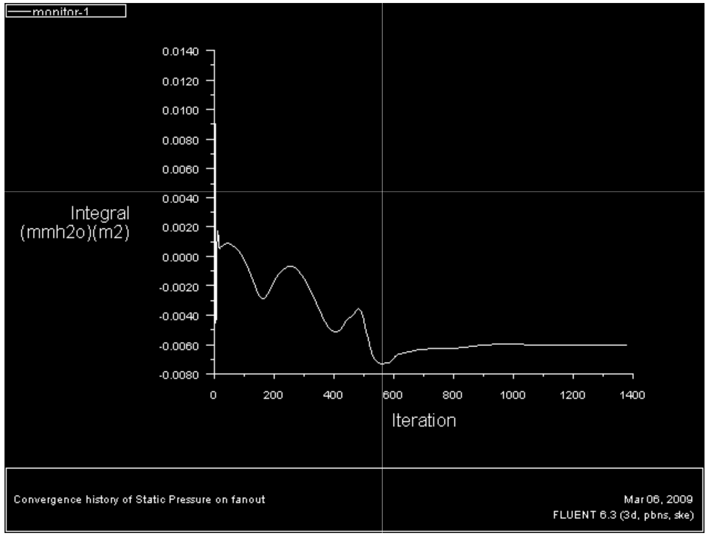


图44

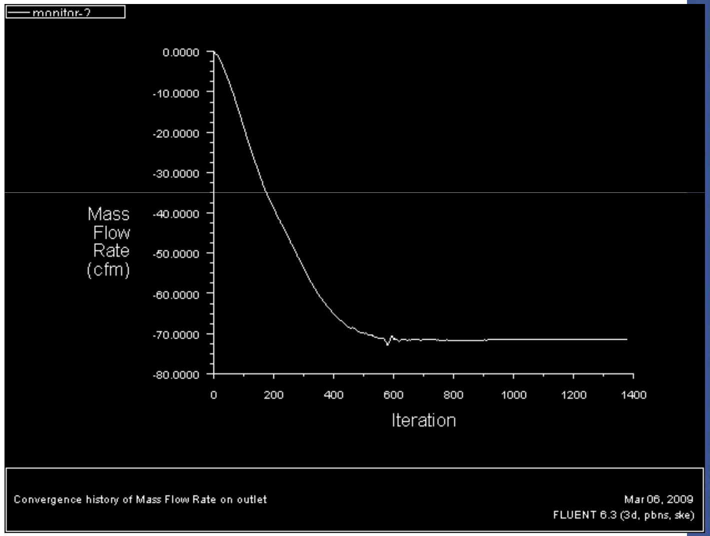


图45

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

14.保存求解结果

求解结果收敛后可以选择**file→write →case&data…**来保存所求解的结果，便于后处理。

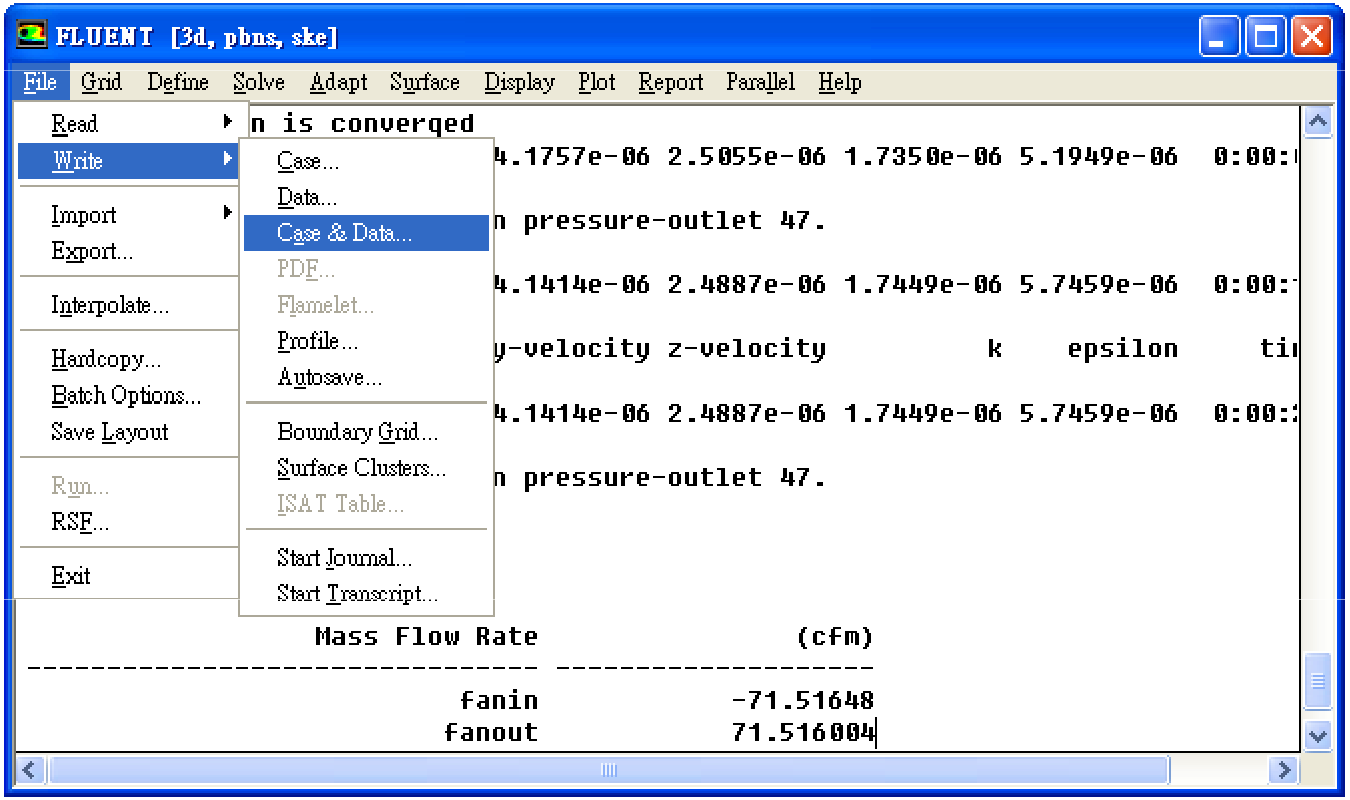


图46

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

15.求解结果后处理过程

为了较好的图形显示效果，可以预先设定一下显示选项。选择**display→option…(**如图**47**），在弹出的对话框中选择图示选项（如图**48**）。

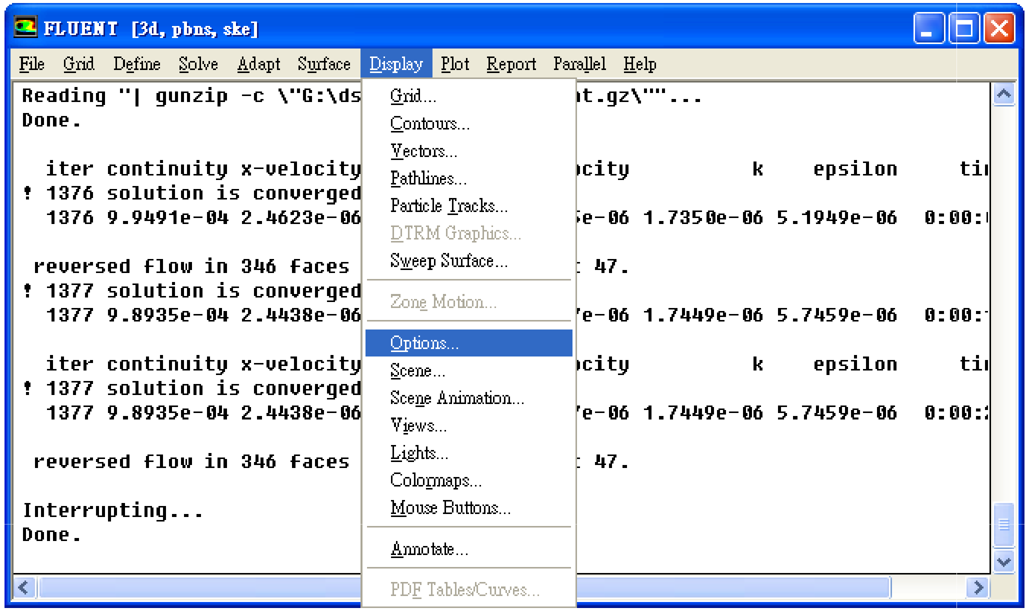


图47

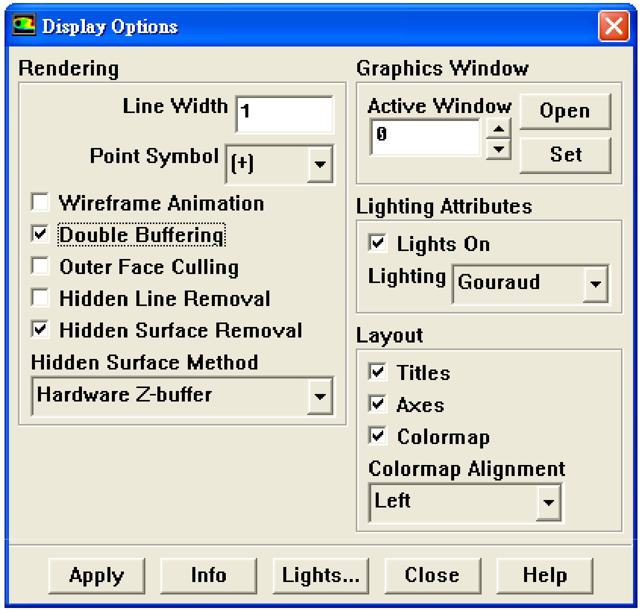


图48

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

15.求解结果后处理过程

查看流量报告：选择**report→fluxes…**(如图**49**），在弹出的对话框中选择需要查看流量的面（如图**50**），点击**compute**在**results**查看结果，同时文本窗口也会有结果显示（如图**51**）。

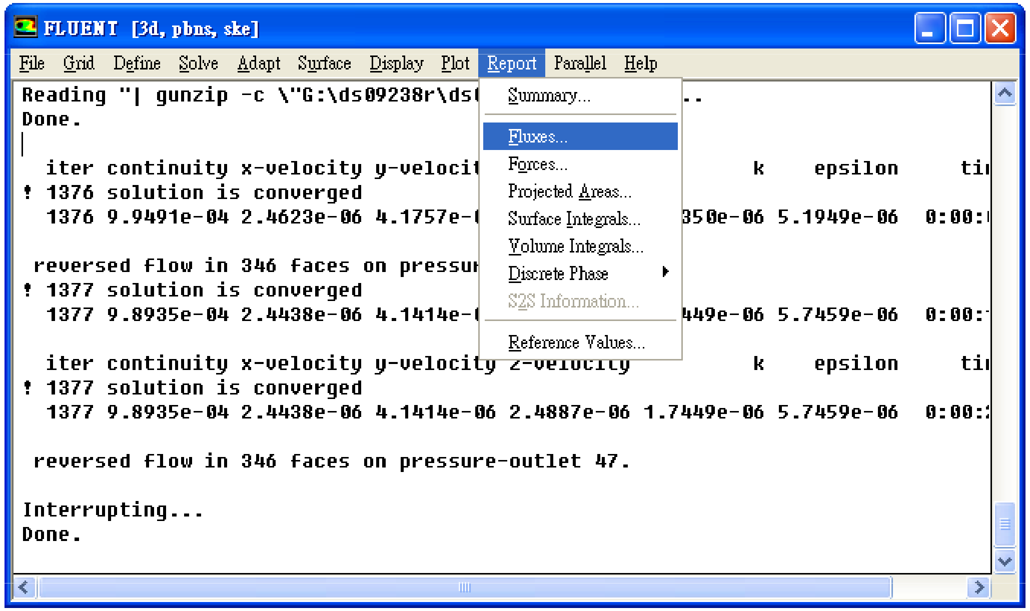


图49

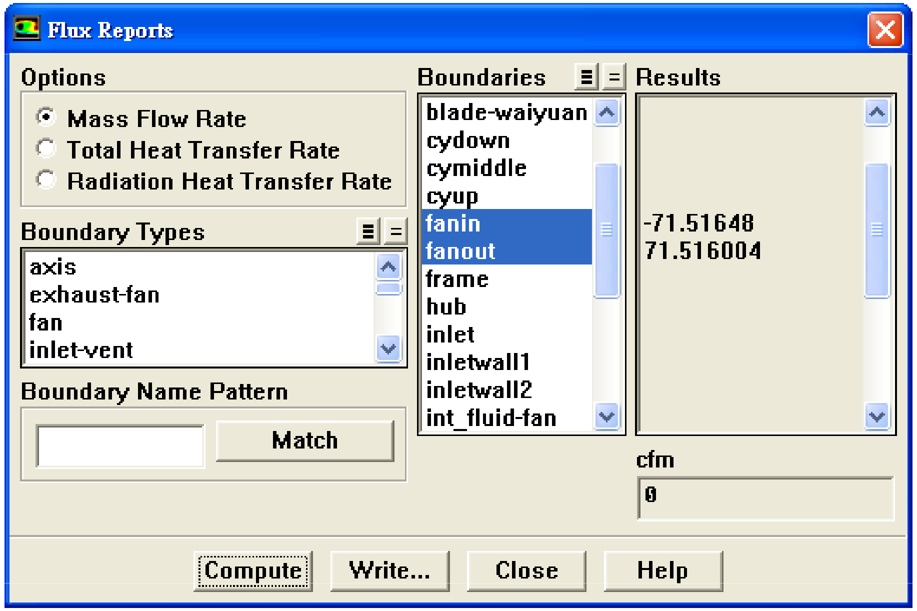


图50

```
                    Mass Flow Rate                (cfm)
  -------------------------------- --------------------
                             fanin            -71.51648
                            fanout            71.516004
                  ---------------- --------------------
                               Net                    0
```

图51

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

15.求解结果后处理过程

显示压力分布云图：选择**display→contours…**(如图**52**），在弹出的对话框中的**surfaces**中选择需要查看压力的面（如图**53**），点击**display**在弹出的图形窗口查看显示结果。

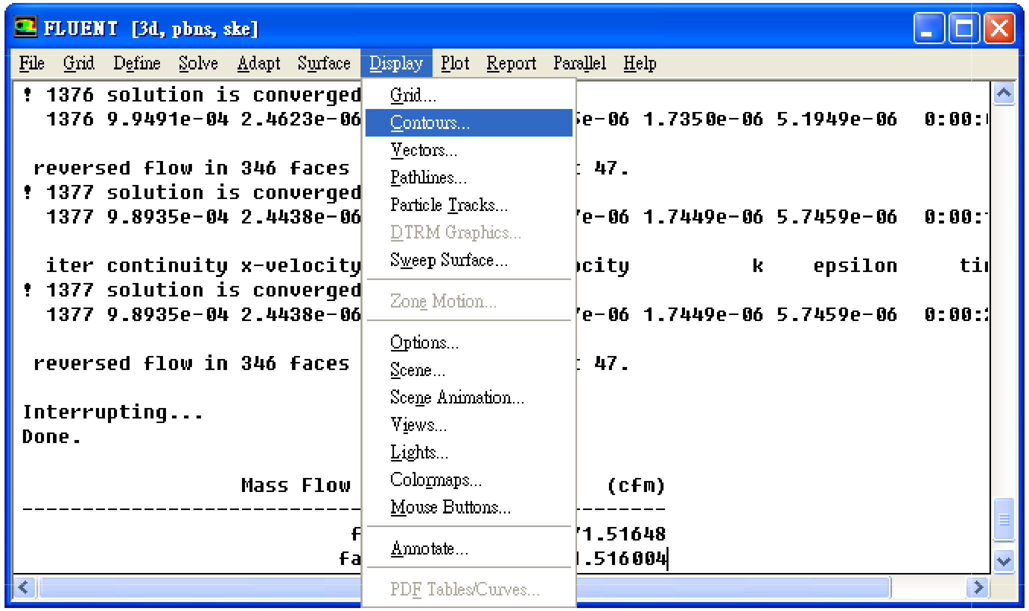


图52

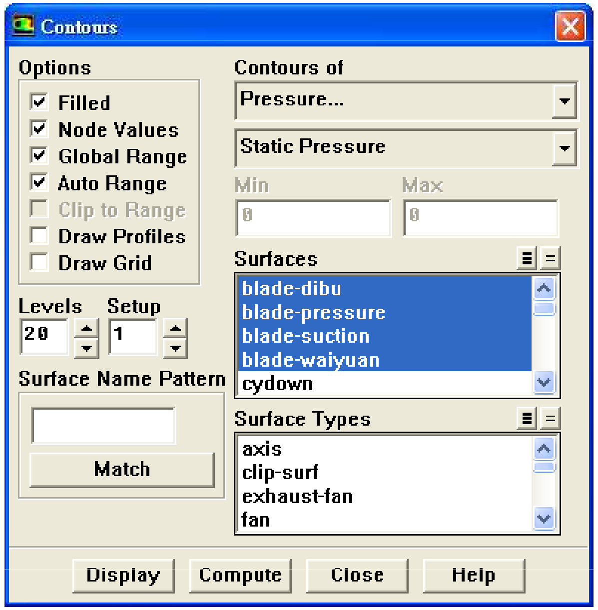


图53

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

15.求解结果后处理过程

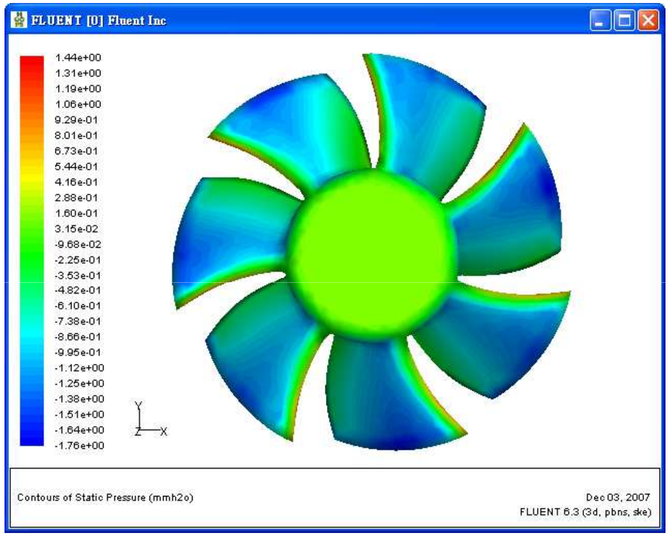


图54 吸力面静压力分布图

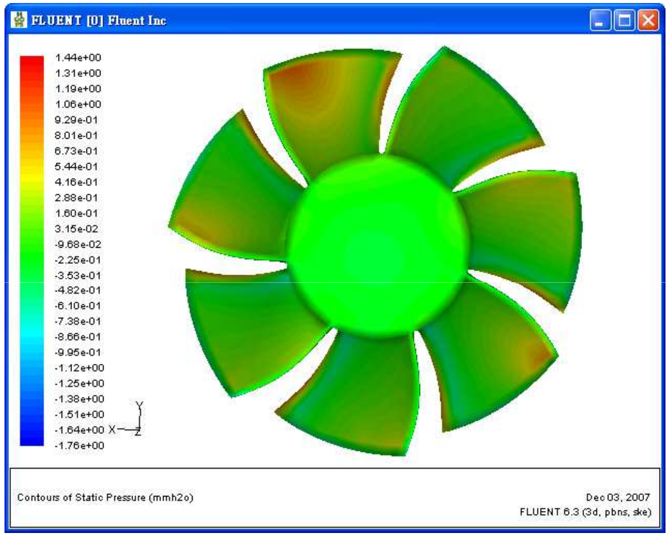


图55压力面静压力分布图

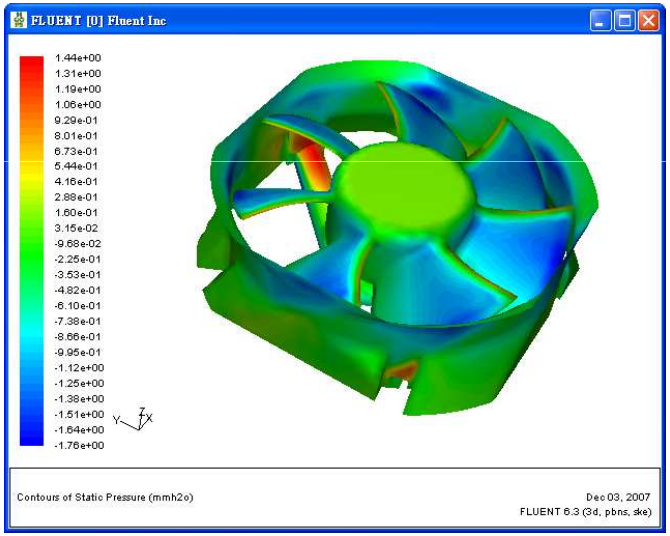


图56风扇组立图壁面静压力分布图（正面）

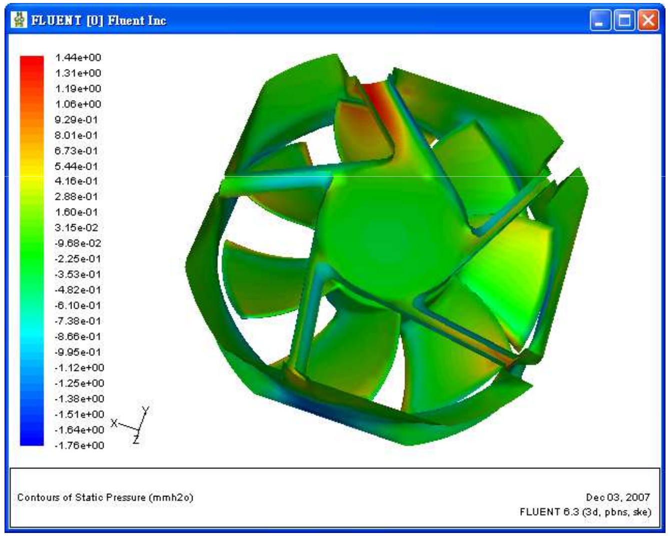


图57风扇组立图壁面静压力分布图（背面）

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

15.求解结果后处理过程

速度矢量分布图：选择**display→vectors…**(如图**58**），在弹出的对话框中的**surfaces**中选择需要查看速度矢量的面（如图**59**），点击**display**在弹出的图形窗口查看显示结果。

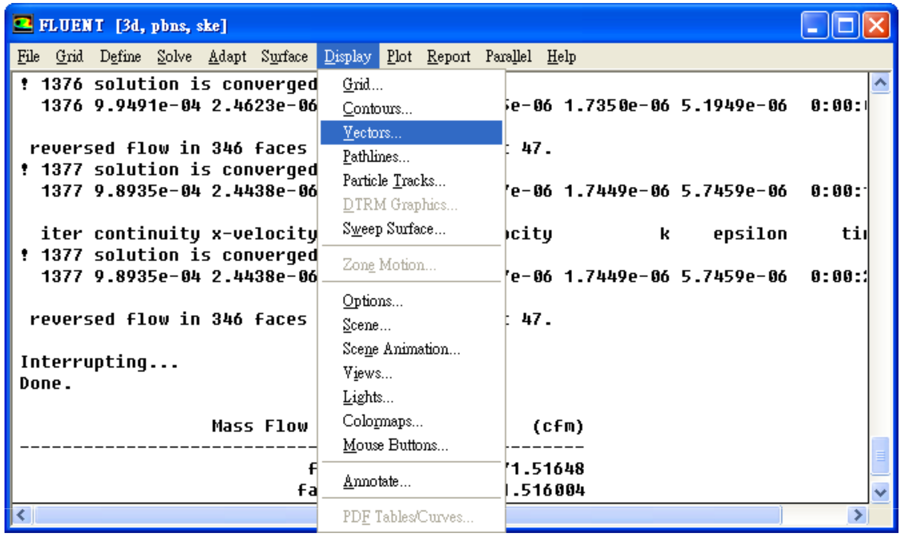


图58

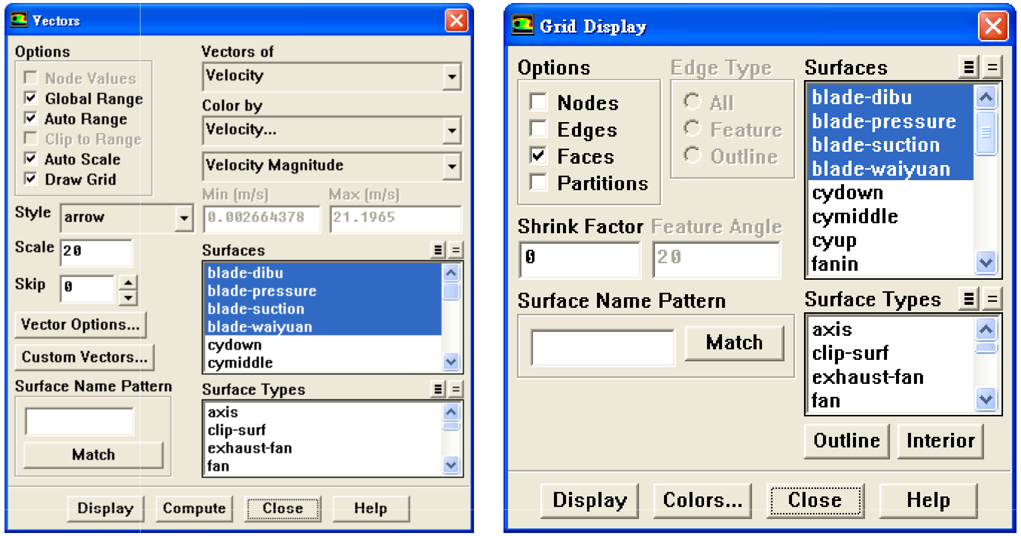


图59

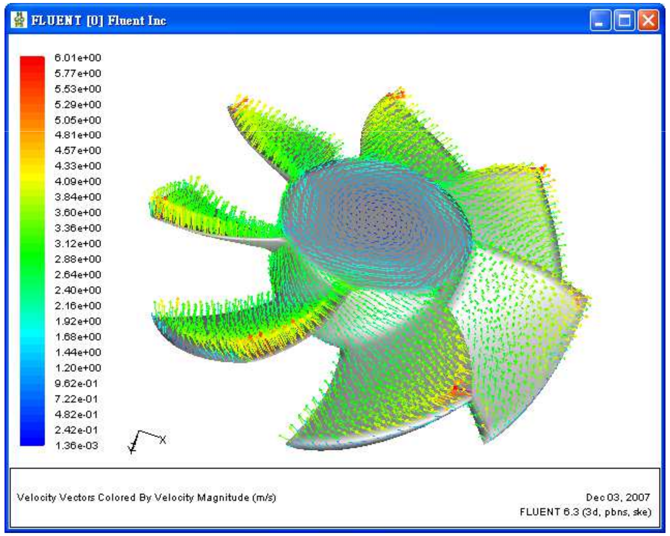
AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

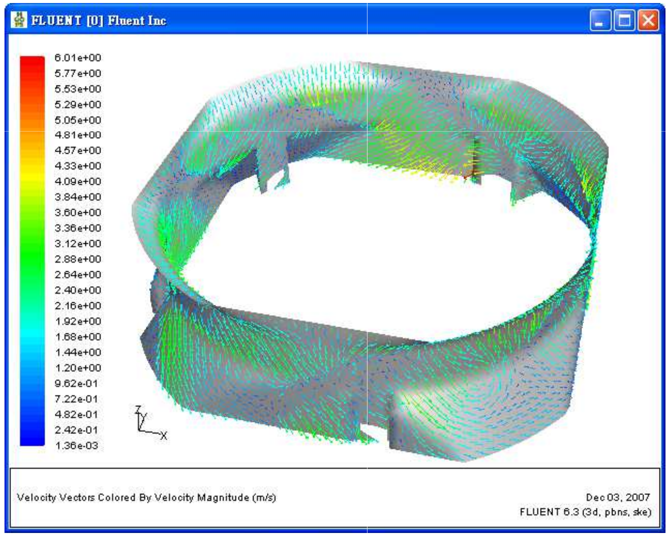
QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

15.求解结果后处理过程





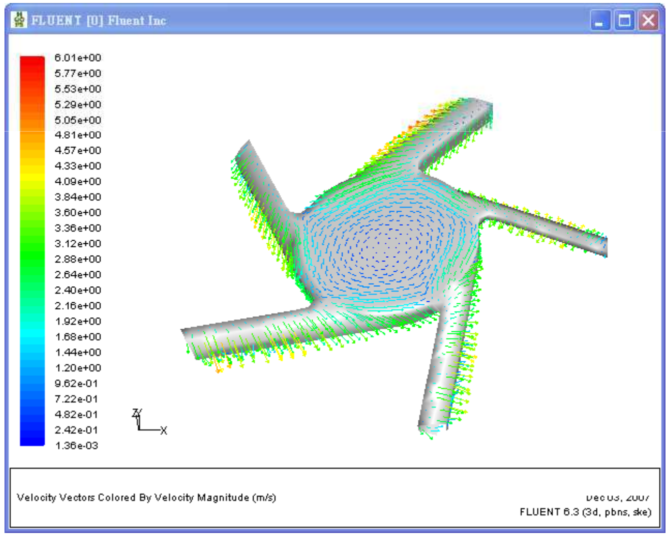


图60 扇叶处速度矢量图　图61 扇框处速度矢量图　图62 筋条处速度矢量图

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

15.求解结果后处理过程

建立**iso-surface**来显示切面矢量图：选择**surface →iso-surface…**（如图**63**），在弹出的对话框中选择如图**64**选项，点击**compute**计算在**y**轴方向的网格范围，在**iso-values**下填入想要截取的界面位置，在**new surface name**下填入相应的名称。

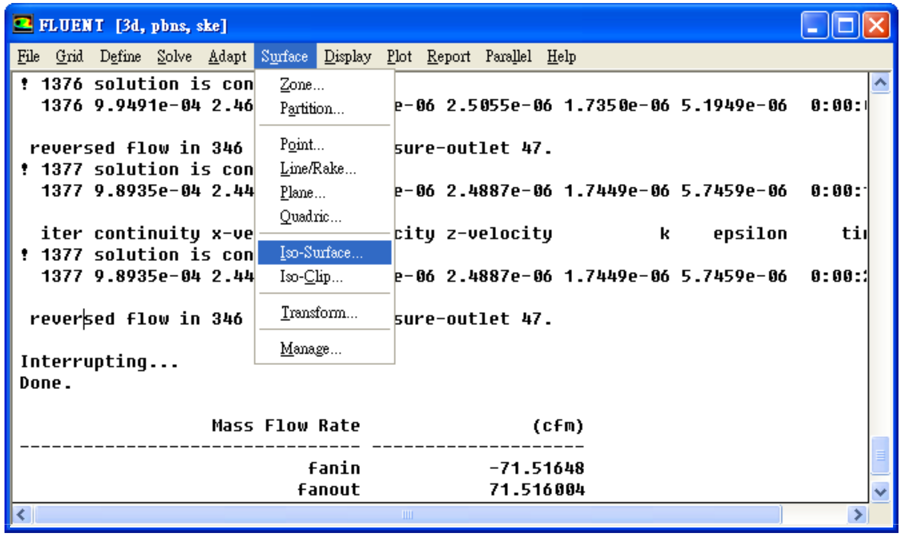


图63

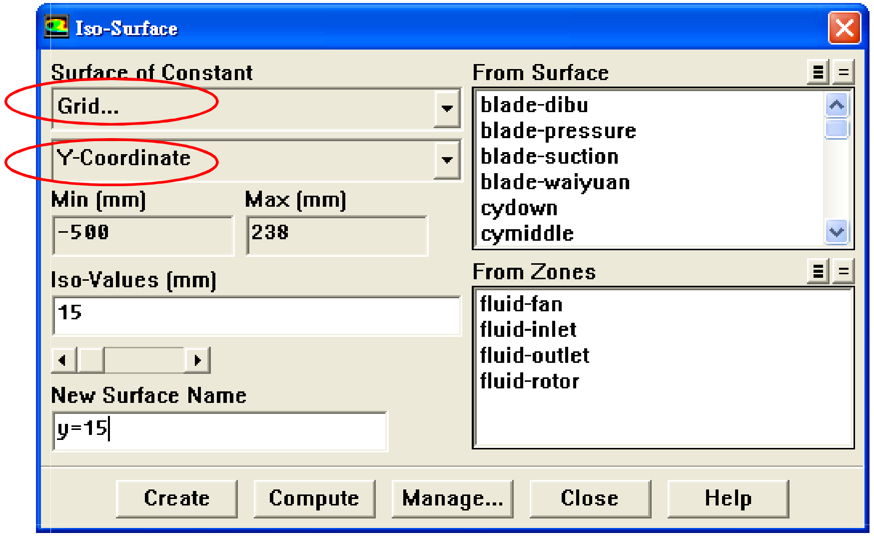


图64

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作
QQ群 188373620 制作

15.求解结果后处理过程

显示**iso-surface** 的速度适量图：选择**display→vectors…**（如图**63**），在弹出的对话框中选择如图**65**选项，选中刚才创建的面，为了直观显示切面的位置可以选中**draw grid**选项，在图**65**中选择参考的面。

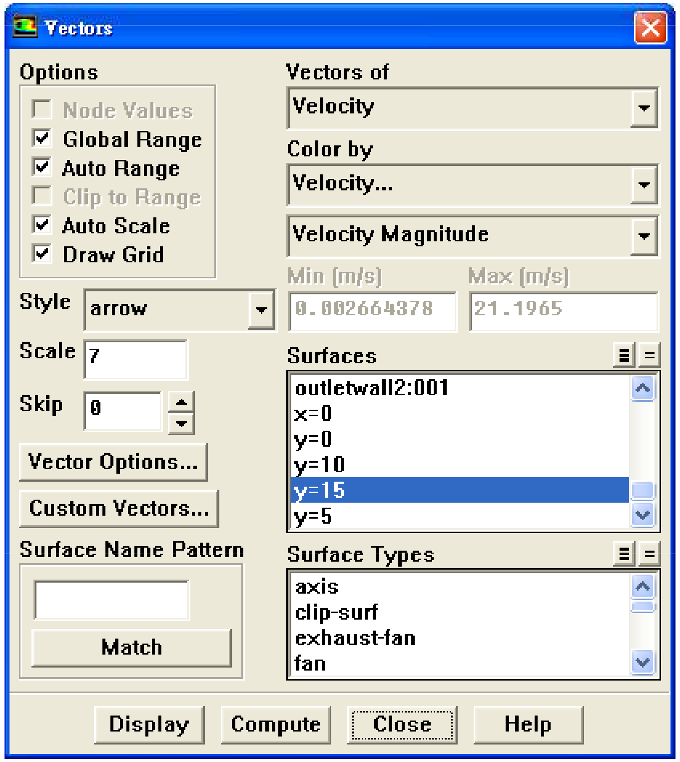


图65

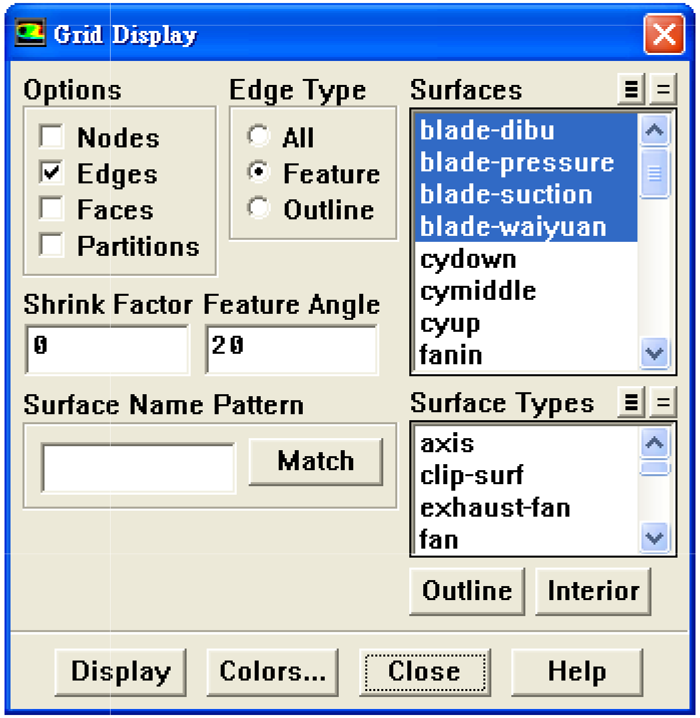


图66

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

15.求解结果后处理过程

图67是取的截面的速度矢量图，图68是放大一个区域后显示的速度矢量图。可以看到有涡流出现，此涡流的出现会阻碍空气的流动，是造成噪音值升高的因素之一。需要对此涡流进行控制，减小涡流的大小以提高风扇的性能，达到减小噪音的目的，是结构设计需要改进的地方。

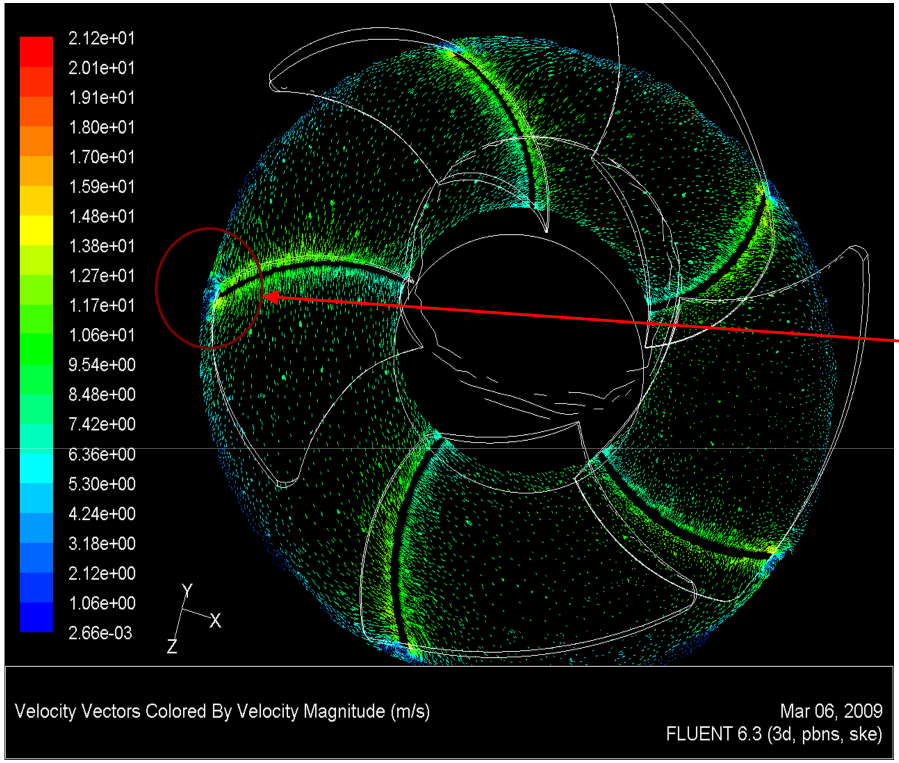


图67

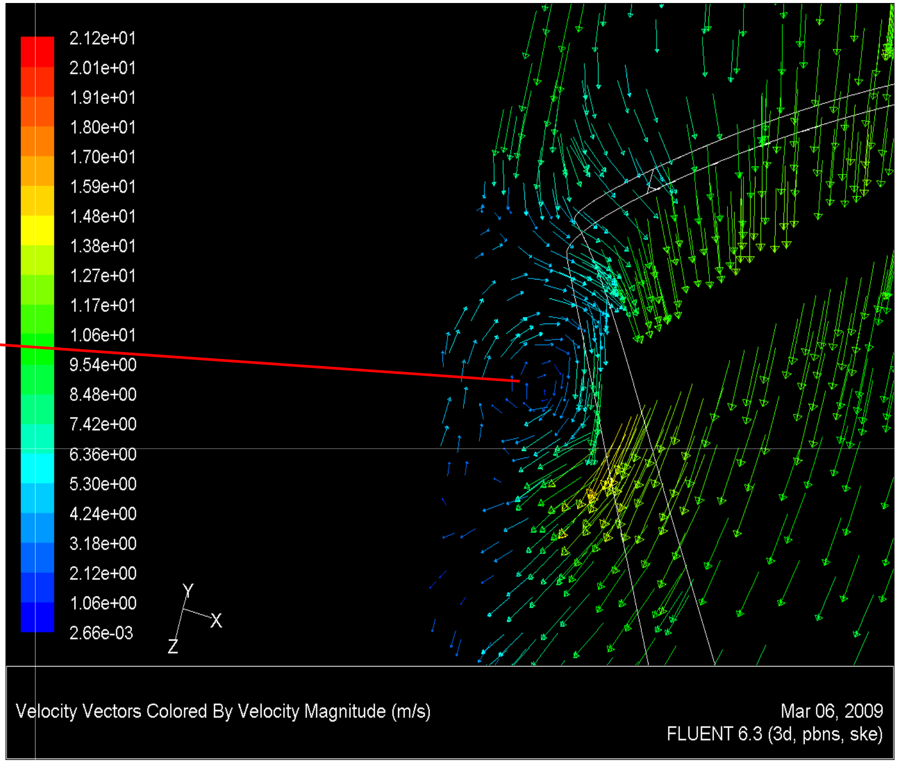


图68

15.求解结果后处理过程

图69是取的某个截面的速度矢量图，可以看到有部分气流产生了回流现象，回流的存在会直接影响减小风扇出风口处的流量大小，需要更改结构以减小回流区的大小。

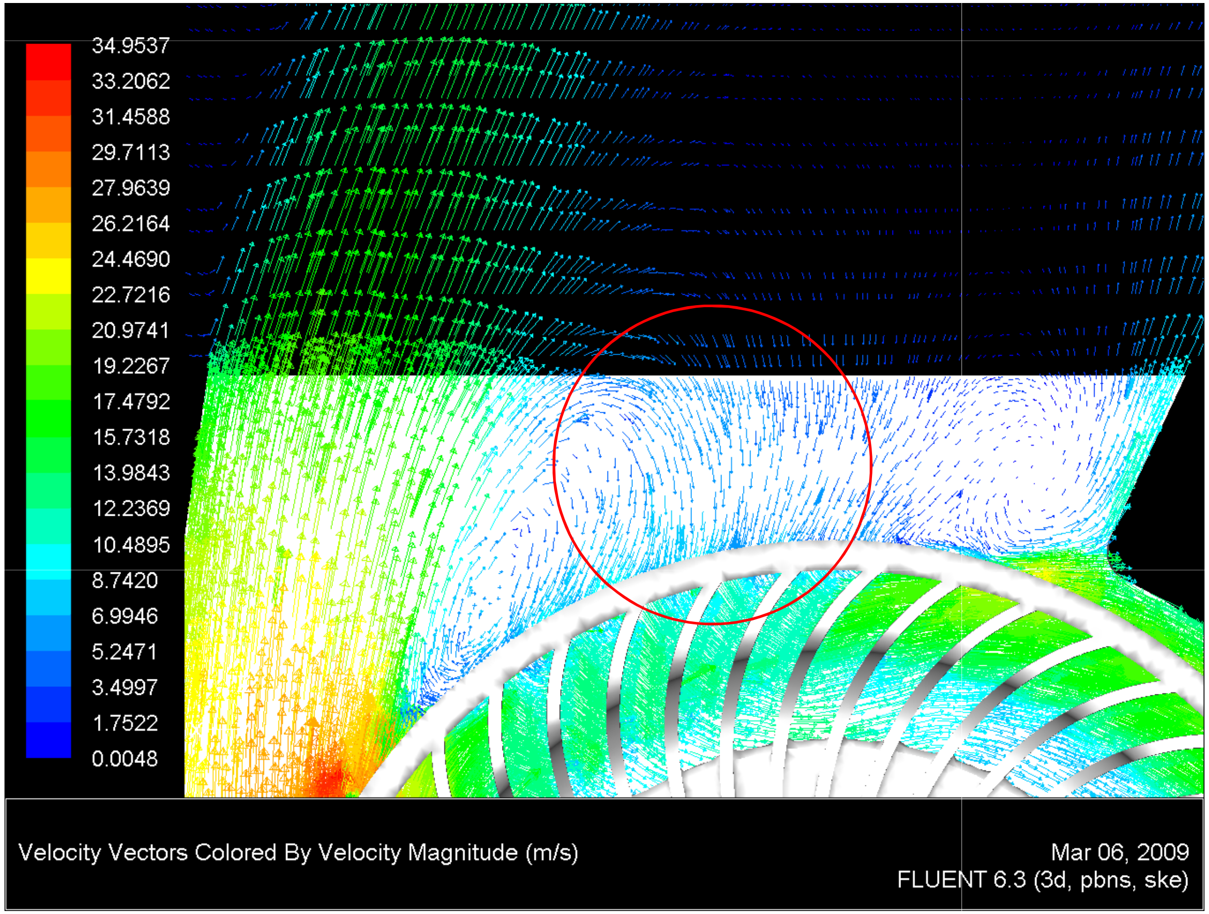


图69

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

15.求解结果后处理过程

速度等值线和压力等值线图的显示：选择**display→contours…**，选择所需要显示的速度或者压力变量，然后选所需要截取的面。

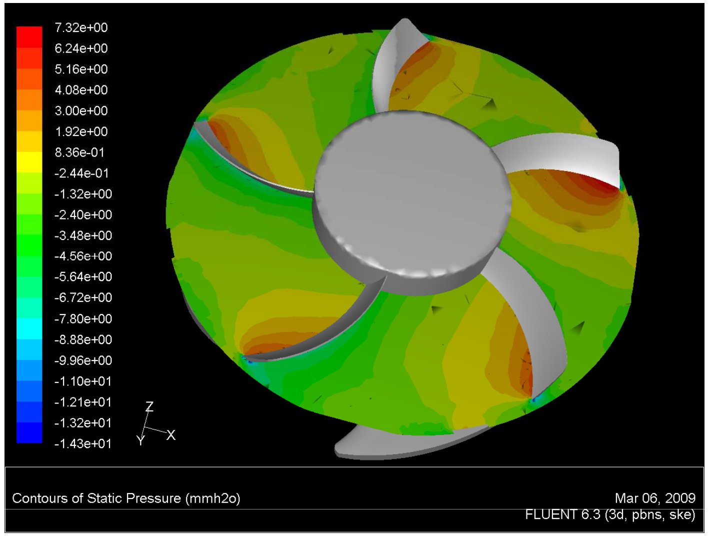


图70

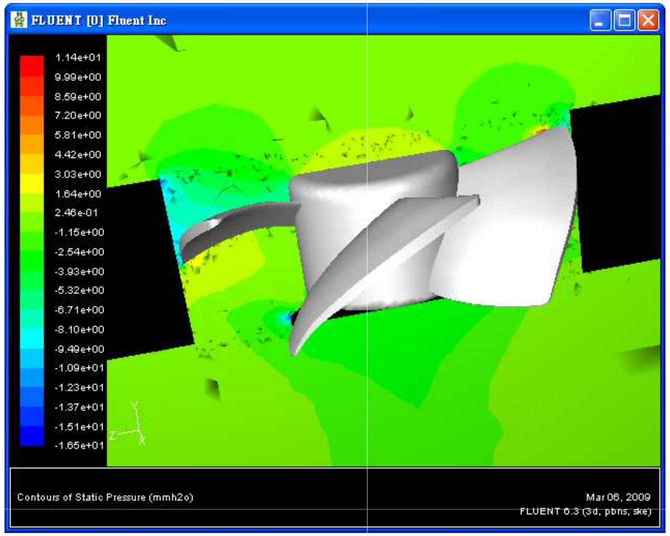


图71

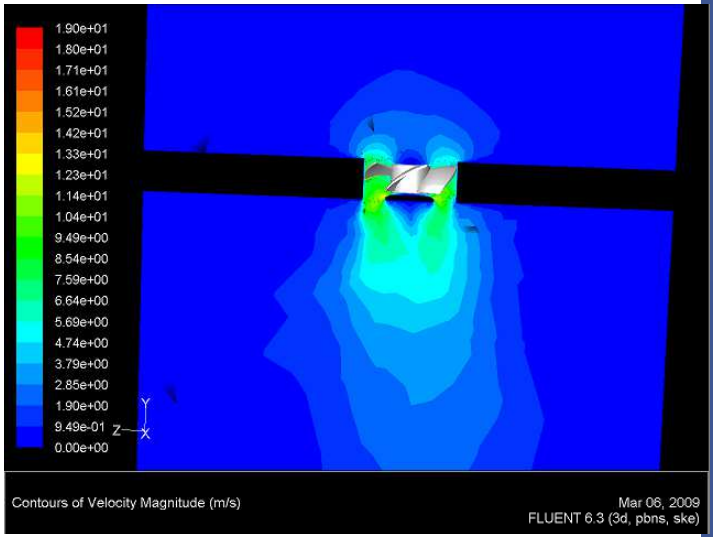


图72

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

15.求解结果后处理过程

轨迹线图的显示：选择**display→pathlines…**（如图73），在弹出的对话框中选择如图74选项，选中轨迹开始的面(如**inlet**），为了直观显示可以选中**draw grid**选项。选择**pulse**选项则可以动态显示空气粒子的运动轨迹。

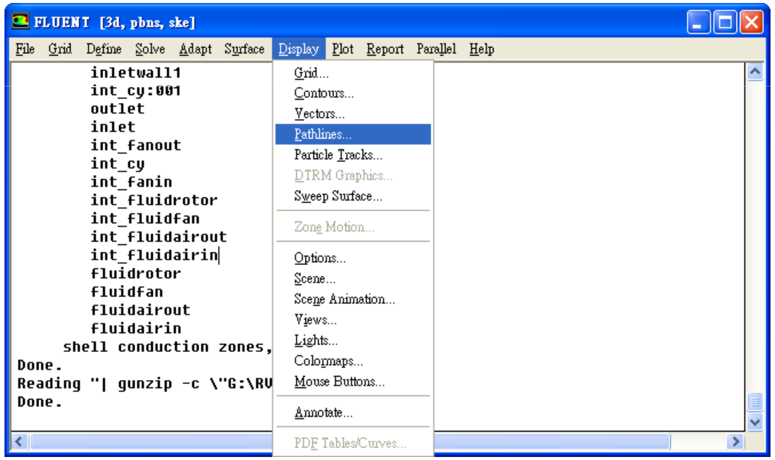


图73

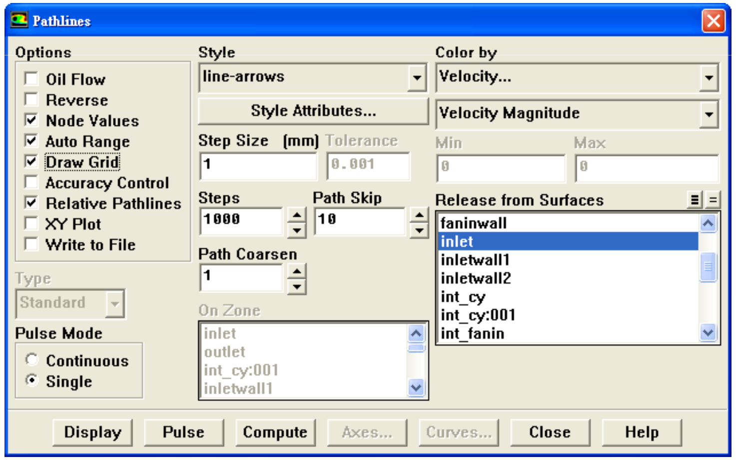


图74

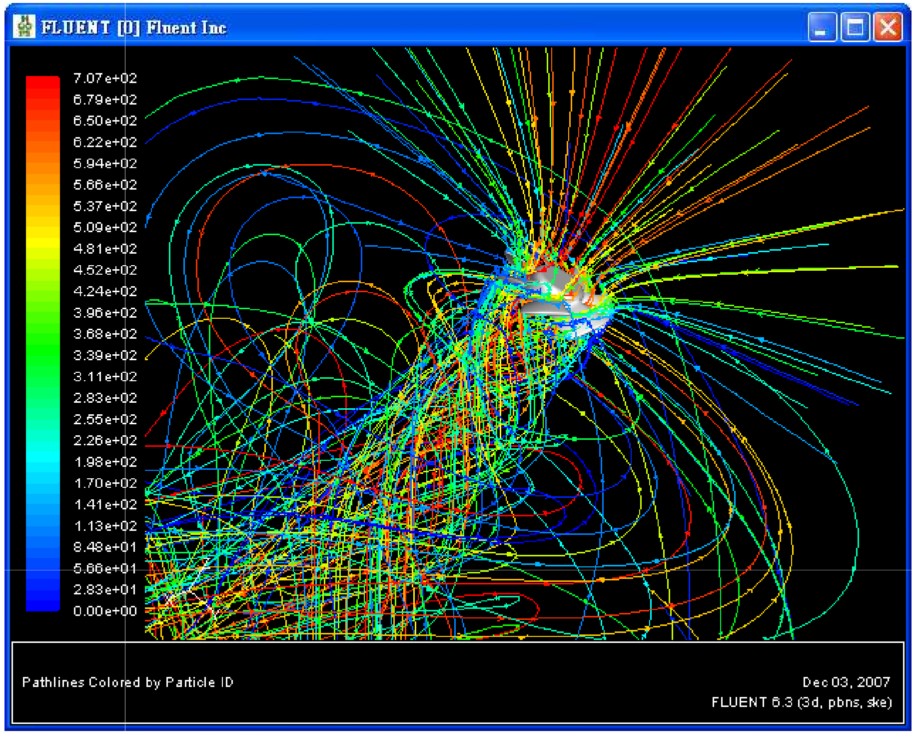


图75

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

15.求解结果后处理过程

风扇性能的评价：模拟整个**P-Q**曲线来查看风扇的整体性能（如图**76**），通过查看矢量图，等值线云图来看局部是否有涡流，回流存在，看压力的分布。根据设计要求修改结构，将改进后的风扇再次做数值分析（需保证网格划分的大小基本一致，进气和出气流道一致，网格质量也达到分析要求，求解结果满足收敛要求），检查是否有改善，选择综合性能较好的风扇来做雕刻测试，验证是否达到设计目标。数值分析是风扇设计的辅助工具。

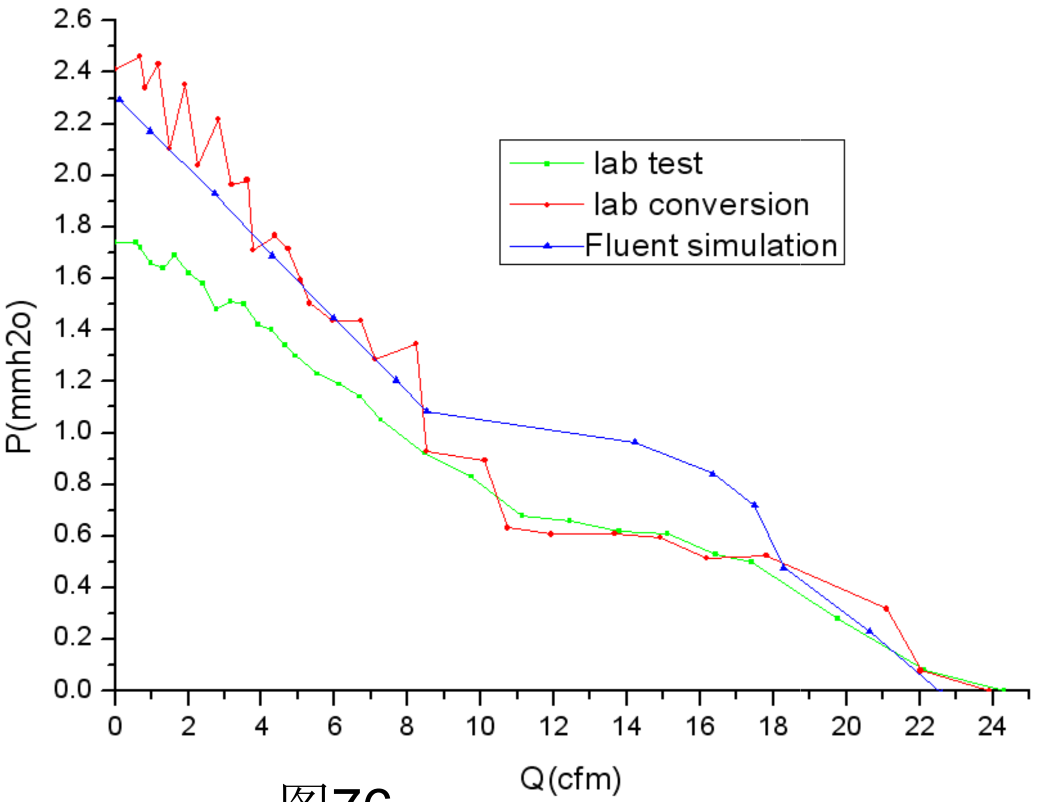


图76

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

16.总结

用**Fluent**软件模拟风扇是一种可行的方法，能直观的显示流场情况，如压力场，速度场，流线图等。对于设计人员来说是个很好的工具，利用**Fluent**软件来模拟风扇运行时工作状况情况，可以达到改进和优化结构，来达到提高风扇的性能，降低噪音的目的。

AVC ASIA VITAL COMPONENTS CO.,LTD.

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作

培训中心资料：http://hskbox008.7958.com/

THANK YOU!

QQ群 188373620 制作

QQ群 188373620 制作